

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA MATEMÁTICA E DA NATUREZA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**



# **Mapeamento geológico e petrografia das rochas à oeste de Conceição da Barra de Minas, Estado de Minas Gerais**

Monografia de Graduação

**Fabiana Franco de Vasconcelos**

**ORIENTADORES**  
**Everton Marques Bongioio**  
**Ciro Alexandre Ávila**

**PETRO-MIN:** Grupo de Estudos em Petrologia e Mineralogia (Sediado no Departamento de Geologia e Paleontologia – Museu Nacional)

FEVEREIRO DE 2013  
RIO DE JANEIRO – RJ – Brasil

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA MATEMÁTICA E DA NATUREZA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

# **Mapeamento geológico e petrografia das rochas à oeste de Conceição da Barra de Minas, Estado de Minas Gerais**

**Fabiana Franco de Vasconcelos**

APROVADA POR:

---

Prof. Dr. Cícera Neysi de Almeida (DG-UFRJ)

---

Prof. Dr. José Carlos Sícoli Seone (DG-UFRJ)

---

Prof. Dr. Everton Bongioiolo (DG-UFRJ)

---

Prof. Dr. Ciro Alexandre Ávila (MN-UFRJ)

## FICHA CATALOGRÁFICA

Vasconcelos, Fabiana Franco de

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PETROGRAFIA DAS ROCHAS A OESTE  
DE CONCEIÇÃO DA BARRA DE MINAS, ESTADO DE MINAS GERAIS**

XIX, 91 p., 29,7 cm (Instituto de Geociências – Departamento de Geologia - UFRJ, Trabalho Final de graduação, 2011).

Monografia: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências

1 – *Greenstone belt* Rio das Mortes

2 – Mapeamento geológico

3 – Petrografia

4 – Cinturão Mineiro

5 – Ribeirão do Amaral

6 – Conceição da Barra de Minas

## **DEDICATÓRIA**

“Não tenhamos pressa,  
mas não percamos tempo.”

José Saramago

Dedico este trabalho a todos os  
meus familiares e amigos que  
acreditaram na minha  
capacidade e força de vontade.



## RESUMO

Vasconcelos, F.F. **Mapeamento geológico e petrografia das rochas a oeste de Conceição da Barra de Minas, estado de Minas Gerais.** Ano 2013, XIX, 91p. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O mapeamento geológico na escala 1:25.000 da região a oeste de Conceição da Barra de Minas e norte de Nazareno permitiu a identificação das seguintes unidades: *i)* *greenstone belt* Rio das Mortes, contendo rochas anfibolíticas e calciossilicáticas; *ii)* metapiroxenito-metagabro Manuel Inácio, *iii)* ortognaisse Morro do Resende, *iv)* ortognaisse Cassiterita; *v)* quartzo-diorito e *vi)* metagranitoide.

O  $S_n$  tem direção preferencial NE-SW, com mergulhos íngremes para ambos os lados formando. Existe uma segunda fase de deformação observada através da foliação  $S_n$  dobrada, formando um  $D_n/D_{n-1}$ . A terceira e última fase ( $D_{n+1}$ ) é visualizada através dos eixos de dobras intrafoliais dobrados, com caimento para NE e SW.

O primeiro pulso metamórfico atingiu a fácies anfibolito inferior e o segundo atuou como um retrometamorfismo na fácies xisto verde. O primeiro pulso ocasionou a substituição de piroxênio em hornblenda, crescimento de granada e epidotização do plagioclásio. Enquanto o retrometamorfismo permitiu o crescimento de hornblenda em actinolita e biotita, substituição da biotita em clorita e crescimento de titanita ao redor de cristais de ilmenita.

Além do mapeamento e petrografia, foram confeccionados três croquis na zona de cisalhamento que existe nas rochas próximas ao Ribeirão de Amaral. A caracterização petrográfica das litologias presentes no croqui resultou na identificação de rochas anfibolíticas oriundas de diferentes protólitos, bem como granitóides e pegmatitos. Os porfiroclastos presentes exibem indicadores destrais e sinistrais.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha mãe Aparecida, à minha irmã Mariana e aos meus padrinhos Sérgio e Rosângela por todo o apoio, dedicação sem fim e paciência nos momentos difíceis.

À todos os amigos por acrescentar com bons momentos, histórias divertidas e por compartilhar conhecimento. Aos melhores amigos de turma, que duraram desde o primeiro trabalho de campo e colaboraram de diversas formas com o presente trabalho, Maria Taryn Campos, Rafael Cherene e Glauco Éger.

Aos mestres Everton Bongioiolo, Ciro Ávila, Renato Ramos, Júlio César Mendes, Rudolph Trouw, Joel Valença e Fábio Pacciullo que foram fontes de inspiração e conhecimento, através de discussões construtivas e aulas ministradas.

À Deus por nunca ter desistido de mim, por ter preenchido todas as lacunas e por tudo e todos que botou no meu caminho.

# SUMÁRIO

Ficha Catalográfica.....	i
Dedicatória.....	ii
Resumo.....	iii
Agradecimentos.....	iv
Sumário.....	v
Índice de Tabelas.....	vii
Índice de Figuras.....	viii

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Localização da área e vias de acesso.....	2
1.2 Objetivo e como alcança-lo.....	2
1.3 Materiais e métodos.....	3
1.4 Nomenclaturas adotadas.....	6

## CAPÍTULO 2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 Introdução.....	14
2.2 Cráton São Francisco.....	15
2.3 Cinturão Mineiro.....	17
2.3.1 <i>Greenstone belt</i> .....	17
2.3.2 Ortognaisses.....	18
2.3.3 Corpos Plutônicos.....	19
2.4 Deformação e metamorfismo.....	20

## CAPÍTULO 3 – GEOLOGIA DA ÁREA

3.1 Introdução.....	22
3.2 Unidades mapeadas.....	23
3.2.1 <i>Greenstone belt</i> Rio das Mortes.....	23
3.2.1.1 Anfíbolitos e Calciossilicáticas.....	23
3.2.1.2 Petrografia.....	25
3.2.1.3 Metamorfismo.....	28
3.2.2 Metapiroxenito-metagabro Manuel Inácio.....	30
3.2.2.1 Feições de campo.....	30
3.2.2.2 Petrografia.....	31
3.2.2.3 Metamorfismo.....	34
3.2.3 Ortognaisse Morro do Resende.....	36
3.2.4.1 Feições de campo.....	36
3.2.4.2 Petrografia.....	37
3.2.4.3 Metamorfismo.....	40
3.2.4 Ortognaisse Cassiterita.....	40
3.2.5.1 Feições de campo.....	40
3.2.5.2 Petrografia.....	41
3.2.5.3 Metamorfismo.....	43
3.2.5 Quartzo-diorito.....	44
3.2.3.1 Feições de campo.....	44
3.2.3.2 Petrografia.....	45
3.2.3.3 Metamorfismo.....	49
3.2.6 Metagranitoide.....	49

3.2.6.1 Feições de campo.....	49
3.2.6.2 Petrografia.....	50
3.2.6.3 Transformações pós-magmáticas.....	52

#### **CAPÍTULO 4 – CACHOEIRA RIBEIRÃO DO AMARAL**

4.1 Introdução.....	54
4.2 Croqui 1.....	55
4.2.1 Aspecto Geral (ITF-01).....	55
4.3 Croqui 2.....	63
4.3.1 Aspecto geral (ITF-02).....	63
4.4 Croqui Extra.....	66
4.5 Petrografia.....	68
4.5.1 Anfibolitos.....	70
4.5.2 Granitoides.....	75
4.5.3 Metamorfismo.....	76

#### **CAPÍTULO 5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL**

5.1 Fases de Deformação e Zonas de Cisalhamento.....	79
--	----

#### **CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO**

6.1 Mapeamento Geológico.....	83
6.2 Cachoeira Ribeirão do Amaral.....	85
6.3 Metamorfismo.....	85

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Referências bibliográficas.....	86
---------------------------------	----

## ÍNDICE DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Lista das amostras laminadas utilizadas para confecção do presente trabalho.	5
<b>Tabela 2.</b> Granulação adotada a partir do tamanho dos cristais (Williams <i>et al.</i> , 1970).	7
<b>Tabela 3.</b> Classificação de Dana (1969) para grau de desenvolvimento dos cristais.	8
<b>Tabela 4.</b> Índice de cor segundo a classificação de Le Maitre (2002) para rochas ígneas.	8
<b>Tabela 5.</b> Nomenclatura dos tipos de enclaves de acordo com Didier & Barbarin (1991).	9
<b>Tabela 6.</b> Principais características dos três eventos metamórficos – deformacionais representados em rochas da região de Lavras–São João del Rei, borda meridional do Cráton São Francisco, Minas Gerais (Ávila <i>et al.</i> , 2008).	20
<b>Tabela 7.</b> Porcentagem dos minerais presentes nas amostras analisadas do ortognaisse mozogranítico Morro do Resende.	37
<b>Tabela 8.</b> Porcentagem dos minerais encontrados nas lâminas IT02-03A, IT02-61A e IT02-134 pertencentes a unidade ortognaisse tonalítico Cassiterita.	41
<b>Tabela 9.</b> Relação das amostras da unidade Quartzo-diorito.	45
<b>Tabela 10.</b> Porcentagem dos minerais encontrados nas amostras acima da unidade quartzo-diorito.	45
<b>Tabela 11.</b> Número das lâminas da unidade metagranitoide.	50
<b>Tabela 12.</b> Contagem modal das amostras do metagranitoide.	50
<b>Tabela 13.</b> Porcentagem dos minerais que compõem as rochas anfibolíticas descritas.	70
<b>Tabela 14.</b> Composição modal dos granitoides ao longo do Croqui 1 e 2.	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Articulação geográfica da área de estudo em relação às cartas topográficas 1:50.000 do IBGE no estado de Minas Gerais, destacando em vermelho a área de mapeamento.	2
<b>Figura 2.</b> Percurso da cidade do Rio de Janeiro (A) para Nazareno (B). (Fonte: Google Maps).	3
<b>Figura 3.</b> Diagrama modal QAP de Streckeisen (1976) para classificação das rochas plutônicas; 1a- Quartzolito (silexito); 1b- Granitóide rico em quartzo; 2- Álcali-feldspato granito; 3a- Sienogranito; 3b- Monzogranito; 4- Granodiorito; 5- Tonalito; 6*- Quartzó álcali-feldspato sienito; 7*-Quartzó sienito; 8*- Quartzó monzonito; 9*- Quartzó monzodiorito/Quartzó monzogabro; 10*- Quartzó diorito/Quartzó gabro/Quartzó anortosito; 6- Álcali-feldspato sienito; 7- Sienito; 8- Monzonito; 9- Monzodiorito / Monzogabro; 10- Diorito / gabro / anortosito.	6
<b>Figura 4.</b> Diagramas de classificação de rochas holomelanocráticas (Streckeisen, 1976) de acordo com os minerais predominantes.	8
<b>Figura 5.</b> Principais texturas de rochas básicas: (a) diabásica (ou intergranular); (b) ofítica e (c) subofítica (Dorado, 1989).	9
<b>Figura 6.</b> Texturas metamórficas segundo Bard (1985).	12
<b>Figura 7.</b> Grandes domínios do continente Sul-americano (Almeida <i>et al.</i> , 1977).	14
<b>Figura 8.</b> Províncias lito-estruturais do território brasileiro sobre o modelo digital de elevação do terreno (Bizziet <i>al.</i> , 2003).	14
<b>Figura 9.</b> Configuração do Cráton do São Francisco e suas faixas marginais (adaptado de Alkmim, 2004).	15
<b>Figura 10.</b> Principais feições estruturais e domínios tectônicos do cráton São Francisco. Lineamentos: JC – Jacobina-Contendas; BJ – Barrado Mendes-João Correia; ES – Espinhaço; IA – Itiúba- Anuri (Delgado <i>et al.</i> , 2003).	16
<b>Figura 11.</b> Mapa geológico do sul do cráton São Francisco, mostrando a zona de influência do Evento Transamazônico (modificado de Alkmim, 2004).	17
<b>Figura 12.</b> Mapa geológico da região entre as cidades de Lavras e São João del Rei (compilado de Ávila, 2000; Toledo, 2002; Ávila <i>et. al.</i> , 2003; Quéméneuret <i>al.</i> , 2003; Ribeiro <i>et al.</i> , 2003). Arqueano: I – Gnaisses tonalíticos, trondhjemiticos e granodioríticos. II – Corpos de enderbitos, tonalitos, anortositos e gabros. III – Charnockitos. IV – Granitóides. Arqueano/Paleoproterozóico: V – Corpos metaultramáficos. VI – <i>Greenstonebelt</i> Rio das Mortes. VII – <i>Greenstonebelt</i> Nazareno. VIII – <i>Greenstonebelt</i> Dolores de Campos. Paleoproterozóico: IX – Supergrupo Minas. X – Granitóides indivisos. XI – Gnaiss Piedade. XII – Gnaiss sienítico da Serra dos Matolas. XIII – Piroxenitos – Gabros. XIV – Ortognaisses velhos. XV – Dioritos, quartzó-dioritos e quartzó-monzonitos. XVI – Tonalitos e trondhjemitos. XVII – Metafelsitos, metamafitos e rochas metassedimentares. XVIII – Granodioritos e granitos. Mesoproterozóico/Neoproterozóico: XIX – Rochas metassedimentares das Megassequências São João del Rei, Carandaí e Andrelândia. XX – Principais falhas no embasamento Arqueano/Paleoproterozóico. 1 – Diorito Brumado ( $2131 \pm 4$ Ma). 2 – Diorito Rio Grande ( $2155 \pm 3$ Ma).	19
<b>Figura 13.</b> Amostra de mão de rocha anfibolítica mostrando capa de alteração alaranjada e foliação dada pela orientação dos grãos brancos de plagioclásio e anfibólio (Ponto ITF-09).	24

<b>Figura 14.</b> Anfíbolitos com granada de tamanhos variados e em proporção bastante distinta (Pontos ITF-75 e ITF-73 respectivamente).	25
<b>Figura 15.</b> Rocha calciossilicática com granada, piroxênio e quartzo (Ponto ITF-38).	25
<b>Figura 16.</b> Dique de rocha metagabroica (A) cortando anfíbolito (B) (Ponto ITF-60).	26
<b>Figura 17. A)</b> Anfíbolito fino com textura lepidoblástica (ITF-22E); <b>B)</b> Rocha calciossilicática com textura porfiroblástica representada por matriz composta de hornblenda e plagioclásio com porfiroblastos de granada (ITF-38).	26
<b>Figura 18. A e B)</b> Dique de rocha tonalítica cortando anfíbolito (ITF-74), NP/NX; <b>C)</b> Plagioclásio sendo substituído por epidoto e hornblenda verde clara (ITF-09A), NP; <b>D)</b> Epidoto associado a zoisita/clinozoisita (ITF-09B), NX; <b>E)</b> Titanita crescendo ao redor dos minerais opacos (ITF-75), NP; <b>F)</b> Granada com aspecto fragmentado em anfíbolito (ITF-73), NP.	28
<b>Figura 19. A e B)</b> Grão porfiroblástico de granada envolto por um agregado de cristais menores de quartzo. Destaque para grão de hornblenda em paragênese com a granada (ITF-83), NX/NP; <b>C)</b> Granada com inclusões de minerais opacos. A hornblenda cresce ao redor da granada (ITF-38), NP; <b>D)</b> Agregados facoidais de hornblenda <sub>1</sub> com inclusões de minerais opacos com titanita ao redor. A hornblenda <sub>2</sub> com pleocroísmo verde piscina pode ser ferro-actinolita e está crescendo na borda da hornblenda <sub>1</sub> (ITF-38), NP.	29
<b>Figura 20. A)</b> <i>Bleb's</i> de quartzo formados durante a transformação de piroxênio para anfíbólio (ITF-72), NP; <b>B)</b> Granada crescendo envolvendo hornblenda (circulada em vermelho) (ITF-73), NP; <b>C)</b> Actinolita, com pleocroísmo verde claro a incolor, substituindo a hornblenda (ITF-74), NP; <b>D)</b> Mineral opaco sendo substituído por titanita, bem como biotita e clorita substituindo anfíbólio (ITF-09A), NP.	30
<b>Figura 21.</b> Amostra de um metagabro do conjunto metamáfico do metapiroxenito-metagabro Manuel Inácio (Ponto ITF-54).	31
<b>Figura 22.</b> Amostra de um cloritito do conjunto metaultramáfico do metapiroxenito-metagabro Manuel Inácio (Ponto ITF-20).	31
<b>Figura 23.</b> Metagabro Manuel Inácio com textura ofítica, com nicóis cruzados (A) e paralelos (B), preservada apesar da transformação do piroxênio primário em hornblenda (ITF-19).	32
<b>Figura 24. A)</b> Grão de hornblenda <sub>1</sub> tabular com pleocroísmo verde e inclusões de opacos (ITF-19), NP; <b>B)</b> Hornblenda <sub>1</sub> sendo substituída por hornblenda <sub>2</sub> (ITF-22C), NP; <b>C)</b> Hornblenda com inclusão de allanita e crescimento de clorita nas bordas (ITF-22C), NP; <b>D)</b> Geminção polissintética em anfíbólio, possivelmente remanescente de um piroxênio (ITF-54), NX; <b>E)</b> <i>Bleb's</i> de quartzo em hornblenda (ITF-22D), NP; <b>F)</b> Tremolita - Actinolita crescendo ao redor de hornblenda (ITF-22D), NP; <b>G)</b> Plagioclásio deformado, com geminação curvada (ITF-22C), NX; <b>H)</b> Allanita subédrica com zoneamento (ITF-22C), NP.	34
<b>Figura 25.</b> Rocha gabroica metamorfizada, preservando porfiro de plagioclásio geminado enquanto os demais estão recrystalizados e com tamanhos menores (ITF-22E).	35
<b>Figura 26. A)</b> Cloritito formado quase que exclusivamente por clorita (ITF-20B), NX; <b>B)</b> Mineral opaco tabular primário e opaco anédrico (circulado em vermelho) (ITF-20B), NP; <b>C)</b> Clorita com microdobramento (ITF-20A), NX; <b>D)</b> Clorita com clivagem de crenulação (ITF-20A), NP.	35
<b>Figura 27. A)</b> Mineral opaco primário alongado e com forma tabular retangular (circulado em azul) e mineral opaco metamórfico (circulado em vermelho) presente dentro da clorita com forma xenoblástica (ITF-20B), NP; <b>B)</b> Hornblenda <sub>1</sub> com inclusões de opacos envolvida e substituída por hornblenda <sub>2</sub> , sem inclusões (ITF-54), NP; <b>C)</b> Hornblenda <sub>1</sub> sendo substituída por hornblenda <sub>2</sub> , recrystalizada (ITF-19), NX; <b>D)</b> <i>Bleb's</i> de quartzo em hornblenda (ITF-22D), NP.	36

<b>Figura 28.</b> Exposição do ortogneisse monzogranítico Morro do Resende em um bloco de grande dimensão, associado à um voçorocamento no ponto ITF-13, onde é possível de se observar a cor avermelhada do solo associado ao mesmo.	37
<b>Figura 29.</b> Amostra de mão típica do ortogneisse monzonítico Morro do Resende mostrando seu caráter hololeucocrático e a presença de grãos de magnetita, circulados em vermelho (Ponto ITF-20).	38
<b>Figura 30.</b> Diagrama QAP (Streckeisen, 1976) para as amostras do ortogneisse monzogranítico Morro do Resende.	39
<b>Figura 31.</b> <b>A)</b> Textura isogranular típica do ortogneisse (IT01-01); <b>B)</b> Biotita em paragênese com epidoto metamórfico (IT01-46E); <b>C)</b> Crescimento de epidoto ao redor da allanita primária (IT01-01); <b>D)</b> Mineral opaco com crescimento posterior de epidoto e biotita (IT01-01); <b>E)</b> Granada de aspecto fragmentado (IT01-01); <b>F)</b> Aglomerados máficos considerados micro-xenólitos (IT01-46E).	40
<b>Figura 32.</b> <b>A)</b> Paragênese metamórfica, titanita+biotita+epidoto crescendo ao redor do opaco e da allanita (IT0-46D); <b>B)</b> Retângulo vermelho destacando a área em que ocorre epidotização e sericitização do plagioclásio (IT01-01).	41
<b>Figura 33.</b> Aspecto de campo do ortogneisse tonalítico Cassiterita, com foliação marcada pela orientação de biotita (Ponto IT02-03).	42
<b>Figura 34.</b> Diagrama QAP (Streckeisen, 1976) com as amostras pertencentes ao ortogneisse Cassiterita.	43
<b>Figura 35.</b> <b>A e B)</b> Visão geral do ortogneisse Cassiterita (IT02-61A), NP/NX; <b>C)</b> Microclina intersticial entre grãos de quartzo e plagioclásio (IT02-03A); <b>D)</b> Titanita presente ao longo da clivagem da biotita (IT02-134), NP; <b>E)</b> Aglomerado de minerais máficos como titanita, epidoto e biotita anédrica com disposição radial ao redor da allanita (IT02-134), NP/NX; <b>F)</b> Allanita euédria com crescimento radial de epidoto (circulado em preto) (IT02-134), NP.	44
<b>Figura 36.</b> <b>A)</b> Veio de epidoto no ortogneisse Cassiterita (IT02-03A); <b>B)</b> Plagioclásio sericitizado (IT02-61A).	45
<b>Figura 37.</b> Aspecto de campo do ortogneisse tonalítico Cassiterita.	46
<b>Figura 38.</b> <b>A e B)</b> Visão geral do diorito com textura inequigranular seriada (IT01-73), NP/NX. <b>C)</b> Biotita, hornblenda e epidoto fragmentados (ITF-31), NP; <b>D)</b> Biotita substituindo hornblenda (IT01-71), NP.	48
<b>Figura 39.</b> <b>A)</b> Plagioclásio sericitizado e epidotizado (IT02-64), NX; <b>B)</b> Inclusão de allanita euédrica em cristal de hornblenda (IT01-73), NP; <b>C)</b> Opaco quadrado com epidoto milimétrico crescendo ao redor (IT01-71), NP; <b>D)</b> Aglomerado de titanita crescendo ao redor de opacos (ITF-69), NP.	48
<b>Figura 40.</b> Amostra com anfibólio orientado em bandas (ITF-21C) em amostra de mão, à esquerda, e em lâmina petrográfica à direita.	49
<b>Figura 41.</b> <b>A e B)</b> Estrutura vista em campo em forma de coluna no ponto ITF-63B; <b>C e D)</b> Visão geral do núcleo rico em epidoto; <b>E e F)</b> Visão geral do quartzo-diorito da borda.	49
<b>Figura 42.</b> Textura porfirítica com foliação marcada por fenocristais de feldspato no Metagranitóide (Ponto IT02-91).	51



<b>Figura 43.</b> Diagrama QAP (Streckeisen, 1976) para Metagranitóide, incluindo as análises de Passamani (2012).	52
<b>Figura 44. A e B)</b> Visão geral do metagranitóide porfirítico, amostra retirada fora da área de estudo. NP/NX. <b>C e D)</b> Biotita, epidoto e allanita ocorrendo em paragênese. É possível observar em D o cristal de muscovita a esquerda. NP/NX. <b>E)</b> Quartzo com bordas poligonais ao redor de pórfiros de plagioclásio, NX. <b>F)</b> Fenocristal de feldspato sericitizado, NX.	53
<b>Figura 46.</b> Visão geral do afloramento do ponto ITF-01.	56
<b>Figura 47.</b> Localização das fotografias tiradas ao longo do croqui 1 (Ponto ITF-01). O número em amarelo representa a identificação e localização das fotografias tiradas	57
<b>Figura 48.</b> Veio de quartzo <i>boudinado</i> (indicado pela seta vermelha) associado a uma camada de composição granítica.	58
<b>Figura 49.</b> Fotografia mostrando detalhe do veio de quartzo onde é possível identificar um porfiroclasto de 2 cm de magnetita.	58
<b>Figura 50.</b> Veios de quartzo (V) preenchendo as zonas de alívio e distensão. A camada granítica (G) está deslocada, formando uma espécie de <i>boudin</i> assimétrico de cisalhamento.	59
<b>Figura 51.</b> Segregação composicional gradacional de anfibólio e plagioclásio cortado por aplito granítico (AG).	59
<b>Figura 52.</b> Aglomerado de porfiroclastos (P) de feldspato com variadas proporções, sendo o central da foto com forma arredondada. Nota-se na parte inferior do mesmo uma concentração de minerais máficos (seta) concordantes à foliação principal da rocha.	60
<b>Figura 53.</b> Aglomerado de grãos de feldspato estirado e rompido bem como cortado por veios aplíticos à direita.	61
<b>Figura 54.</b> Aglomerado de porfiroclastos de feldspatos arredondados com bordas estiradas e rompidas em meio à rocha anfibolítica.	62
<b>Figura 55.</b> Veio de epidoto <i>boudinado</i> , indicando movimentação destrai.	61
<b>Figura 56.</b> Granitoide formando dobras intrafoliais cortado por zona de cisalhamento sinistral posterior ao dobramento intrafolial visto na camada granítica.	62
<b>Figura 57.</b> Falhamento normal de origem rúptil deslocando camadas de granitóide, gnaisses e veios ricos em feldspatos.	62
<b>Figura 58.</b> Fotografia ilustrando intercalações de camadas pouco espessas de rochas félsicas e máficas, predominando amplamente a primeira.	62
<b>Figura 59.</b> Fotografia mostrando deferentes pegmatitos. A foto da direita mostra pegmatitos discordantes (marcados com o número 1 em vermelho) e um concordante a foliação (com o número 2 em preto).	63

<b>Figura 60.</b> Magnetita de 6 cm estirada em veio pegmatítico concordante com à foliação da rocha.	63
<b>Figura 61.</b> Magnetita de 3 cm levemente deformada.	63
<b>Figura 62.</b> Veio aplítico formando dobras intrafoliais.	64
<b>Figura 63.</b> Granitóide e veio aplítico formando dobras intrafoliais.	64
<b>Figura 64.</b> Localização das fotografias no Croqui 2.	65
<b>Figura 65.</b> Pegmatitos <i>boudinados</i> indicando movimentação destrál.	66
<b>Figura 66.</b> Banda de anfibolito concordante a foliação da rocha <i>boudinado</i> indicando movimentação destrál.	66
<b>Figura 67.</b> Camada de anfibolito concordante <i>boudinado</i> indicando movimentação destrál.	67
<b>Figura 68.</b> Croqui do afloramento entre os pontos ITF-01 e IT01-21.	68
<b>Figura 69.</b> Localização das amostras retiradas ao longo do croqui do ponto ITF-01. O número em branco representa a identificação das lâminas.	69
<b>Figura 70.</b> Localização das lâminas delgadas no Croqui 2.	70
<b>Figura 71.</b> <b>A)</b> Textura granolepidoblastica (ITF-01A); <b>B)</b> Hornblenda fortemente orientada segundo a foliação da rocha (ITF-01B); <b>C)</b> Cristal de hornblenda de tamanho maior mostrando que o protólito teria granulação média. A escala vertical serve para a comparação com os demais cristais (ITF-01A); <b>D)</b> Hornblenda com mais 2mm e inclusão de titanita (ITF-01G); <b>E)</b> Hornblenda com inclusão de plagioclásio epidotizado (ITF-01G); <b>F)</b> Biotita substituindo a borda do cristal de hornblenda e clorita (no canto superior esquerdo) substituindo cristal de biotita (ITF-01F).	72
<b>Figura 72.</b> <b>A)</b> Inclusões na biotita. Circulado em amarelo, plagioclásio, em vermelho allanita associada a epidoto, e em verde titanita (ITF-01A); <b>B)</b> Clorita substituindo biotita, ambos em paragênese com epidoto (ITF-01F); <b>C)</b> Veio de quartzo em anfibolito (NAT-23A); <b>D)</b> Epidoto anédrico com hábito alongado (ITF-01E); <b>E)</b> Epidoto euédrico (ITF-1E); <b>F)</b> Zoisita/clinozoisita com cor de interferência azulada próxima ao epidoto anédrico (ITF-01G).	74
<b>Figura 73.</b> <b>A)</b> Opaco circundado por epidoto, biotita e hornblenda (ITF-01J); <b>B)</b> Allanita sobrecrecida por epidoto (ITF-01E); <b>C)</b> Aglomerado orientado de titanita crescendo sobre o opaco (ITF-01L); <b>D)</b> Titanita entre grãos de hornblenda (ITF-01E).	75
<b>Figura 74.</b> <b>A e B)</b> Textura em vigas na lâmina ITF-01N; <b>C)</b> <i>Bleb's</i> de quartzo; <b>D)</b> Titanita entre grãos de hornblenda envolvendo os minerais opacos.	75
<b>Figura 75.</b> Amostras de granitoides plotadas no gráfico de Streckeisen.	76
<b>Figura 76.</b> <b>A e B)</b> Visão geral da lâmina ITF-02A, NX/NP; <b>C)</b> Hornblenda com borda substituída por biotita e epidoto em paragênese (ITF-02B); <b>D)</b> Grão álcali-feldspato no centro e plagioclásio na borda (ITF-01M); <b>E)</b> Zircão euédrico e muito pequeno entre grãos de feldspato (ITF-01C); <b>F)</b> Epidoto crescendo em volta da allanita e do mineral opaco.	78

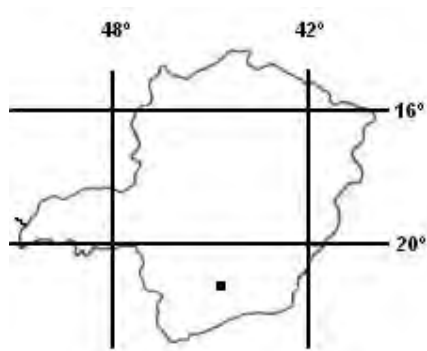
<b>Figura 77.</b> Projeções estereográficas mostrando os pólos dos planos de foliação $S_n/S_{n-1}$ .	80
<b>Figura 78.</b> <i>Boudin</i> de anfibolito concordante à foliação milonítica de <i>strike</i> E-W com terminação do tipo “boca-de-peixe”.	81
<b>Figura 79.</b> Fotografia mostrando foliação $S_{n-1}/S_n$ . A seta vermelha está indicando o caimento do eixo para SW no ponto IT01-21.	81
<b>Figura 80.</b> Projeções estereográficas das medidas de lineações de interseção, estiramento e eixo de dobra.	82

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUÇÃO**

## 1.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo está localizada no estado de Minas Gerais entre as cidades de Nazareno e Conceição da Barra de Minas, cartograficamente na parte centro-norte da folha Nazareno (SF-23-X-C-I-2) do IBGE na escala 1:50.000 (**Figura 1**). Esta é limitada pelas coordenadas UTM 538000E a 552000E e 7658000N a 7666000N, abrangendo cerca de 112km<sup>2</sup>.



SANTO ANTÔNIO DO AMPARO	SÃO TIAGO	JACARAND IRA
LAVRAS	<b>NAZARENO</b>	SÃO JOÃO DEL REI
ITUMIRIM	ITUTINGA	MADRE DE DEUS DE MINAS

**Figura 1.** Articulação geográfica da área de estudo em relação às folhas topográficas na escala 1:50.000 do IBGE no estado de Minas Gerais, destacando em vermelho a localização da área de mapeamento.

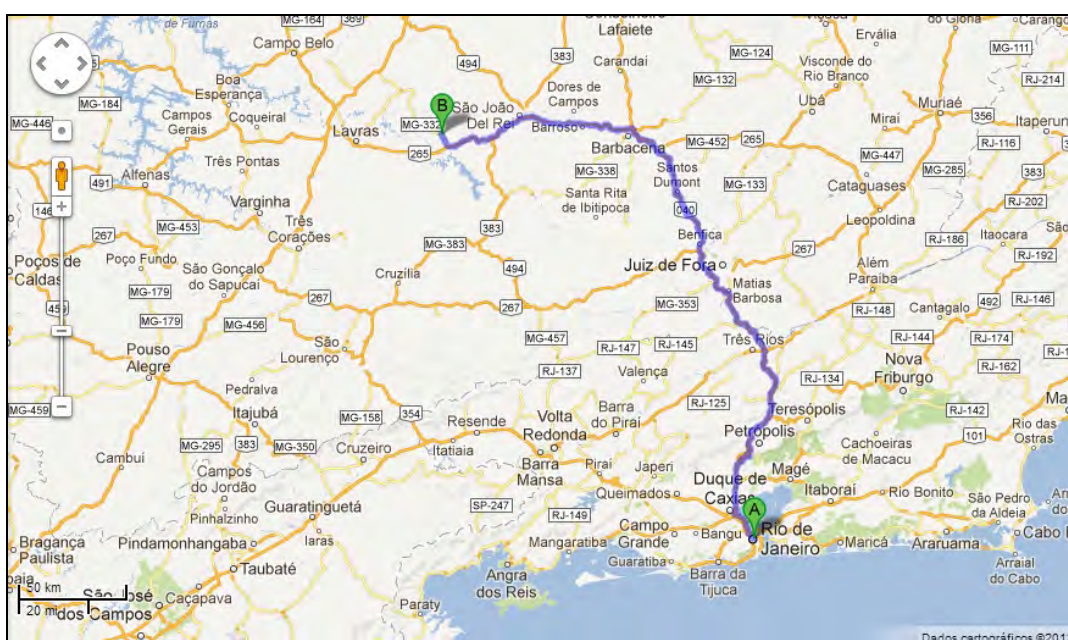
A cidade de Nazareno dista cerca de 376 km da cidade do Rio de Janeiro e o acesso para a mesma pode ser realizado através da rodovia BR-040 até a cidade de Barbacena, seguindo à oeste pela rodovia BR-265, que liga Barbacena a Lavras, e posteriormente para noroeste na MG-332 até a entrada da cidade de Nazareno (**Figura 2**). Durante os trabalhos de campo foram utilizadas estradas secundárias e trilhas para facilitar o acesso às localidades mais remotas do mapa. A partir desta cidade toma-se como rumo à mineração de Volta Grande, sendo que a área estudada encontra-se a sul desta.

## 1.2 OBJETIVO E COMO ALCANÇÁ-LO

A presente monografia de final de curso teve como objetivo o estudo geológico, caracterização petrográfica e inserção regional das rochas que afloram a oeste de Conceição da Barra de Minas, Estado de Minas Gerais. Para alcançar esse objetivo foram realizadas as seguintes etapas:

1 - Mapeamento geológico na escala 1:25.000 de cerca de 112km<sup>2</sup>;

- 2 - Compilação e integração dos dados anteriormente estabelecidos para a área em questão com os dados advindo das campanhas de campo;
- 3 - Elaboração de três croquis de detalhe na escala de 1:25 de afloramentos chaves na barragem do Ribeirão do Amaral ou Canjica;
- 4 - Estabelecimento das relações temporais entre os litótipos estudados;
- 5 - Caracterização petrográfica do ortognaisse Morro do Resende e das rochas que envolvem o mesmo;
- 6 - Descrição das principais feições estruturais relativas aos litótipos estudados.



**Figura 2.** Percurso da cidade do Rio de Janeiro (A) para a cidade de Nazareno (B). (Fonte: Google Maps).

### 1.3 MATERIAIS E METODOS

O trabalho em questão envolveu a realização de quatro etapas (pré-campo; campo; laboratório; e escritório), que serão descritas em maior detalhe a seguir.

Durante a etapa de pré-campo foi realizado o levantamento bibliográfico envolvendo artigos, teses, dissertações e mapas geológicos da área de estudo, visando auxiliar no entendimento do contexto geológico regional e na caracterização das unidades de campo. O levantamento bibliográfico foi acompanhado da montagem dos mapas de campo e de escritório, a partir da ampliação da carta topográfica do IBGE folha Nazareno (SF-23-X-C-1-4) da escala de 1:50.000 para a escala de 1:25.000 com o uso do *software* ArcGis ® versão 9.3. Essa atividade foi seguida da coleta de imagens de satélite com o auxílio do *software* Google Earth para auxiliar na localização dos principais afloramentos durante as atividades de campo e para estabelecer os rumos dos caminhamentos a serem realizados.

As atividades de campo abrangeram 25 dias e foram desenvolvidas em duas etapas, onde a primeira teve duração de 17 dias e foi realizada entre 19/07/2011 e 03/08/2011, acompanhando as atividades da disciplina de Estágio de Campo III (IGL-U03) do curso de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A segunda etapa apresentou duração de 8 dias e foi realizada no período de 27/07 a 03/08/2012, também acompanhando as atividades da disciplina de Estágio de Campo III. A partir dos resultados obtidos nos trabalhos de campo foram confeccionados o mapa geológico (**Anexo I – Mapa Geológico**), o mapa de pontos (**Anexo II – Mapa de Pontos**), uma tabela com a descrição detalhada dos 347 pontos visitados (**Anexo III – Tabela de descrição dos pontos**), bem como 3 perfis de detalhe (Pontos ITF-01, 02 e IT01-021) dos afloramentos do Ribeirão do Amaral ou Canjica (**Anexos IV e V**).

Os trabalhos de campo envolveram mapeamento geológico na escala 1:25.000 de uma área total de 112 km<sup>2</sup>. Os pontos foram localizados com o auxílio de um GPS Garmin, modelo *e-trex*, configurado no *datum* Córrego Alegre, fuso 23K. Em cada um destes pontos foi realizada a identificação e a descrição dos litotipos, incluindo a caracterização mineralógica (com auxílio de uma lupa de 20x), grau de intemperismo, relações de corte, feições deformacionais (bandamentos, foliações, eixos e planos axiais de dobras, lineações, zonas de cisalhamento), bem como foram coletadas diversas amostras para a confecção de lâminas delgadas. As medidas estruturais em *dip-dip* foram obtidas com o auxílio de bússola Brunton 8099 *Pro Eclipse*® com declinação 19°W.

As amostras coletadas na etapa de campo foram levadas ao Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN) para a confecção das lâminas delgadas, as quais foram descritas durante a etapa de laboratório. Nesta etapa foram realizadas as descrições de 61 lâminas delgadas (**Tabela 1**) com o auxílio dos microscópios Zeiss® AxioCam do Laboratório de Microscopia do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e do Laboratório de Mineralogia – Petrologia do Museu Nacional (LMP-MN).

A seleção das amostras para análise química baseou-se nos critérios de escolha dos fragmentos no campo e do grau de alteração intempérica e/ou hidrotermal da amostra em lâmina petrográfica. Após a separação das amostras, definiu-se também a área de corte (evitando-se veios, contatos, xenólitos e priorizando áreas centrais – sem alteração intempérica). As amostras foram então cortadas em briquetes (*slabs*) de cerca de 5cm x 3cm x 3cm no Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN). Posteriormente, os briquetes foram quebrados com martelo até alcançar fragmentos entre 0,5 e 2,0cm, tornando-os adequados para a cominuição em um moinho de panela de carvão de tungstênio por 3

minutos até que os mesmos atingissem uma granulação inferior a 200 *mesh*, considerada como adequada para a análise química.

Na etapa final de escritório ocorreu a integração de todos os dados obtidos e a elaboração dos mapas geológico e de pontos da área de estudo com a utilização do *software* ArcGis® versão 9.3. As medições estruturais foram plotadas em estereogramas com a ajuda do *software* OpenStereo®.

**Tabela 1.** Lista das amostras laminadas utilizadas para confecção do presente trabalho.

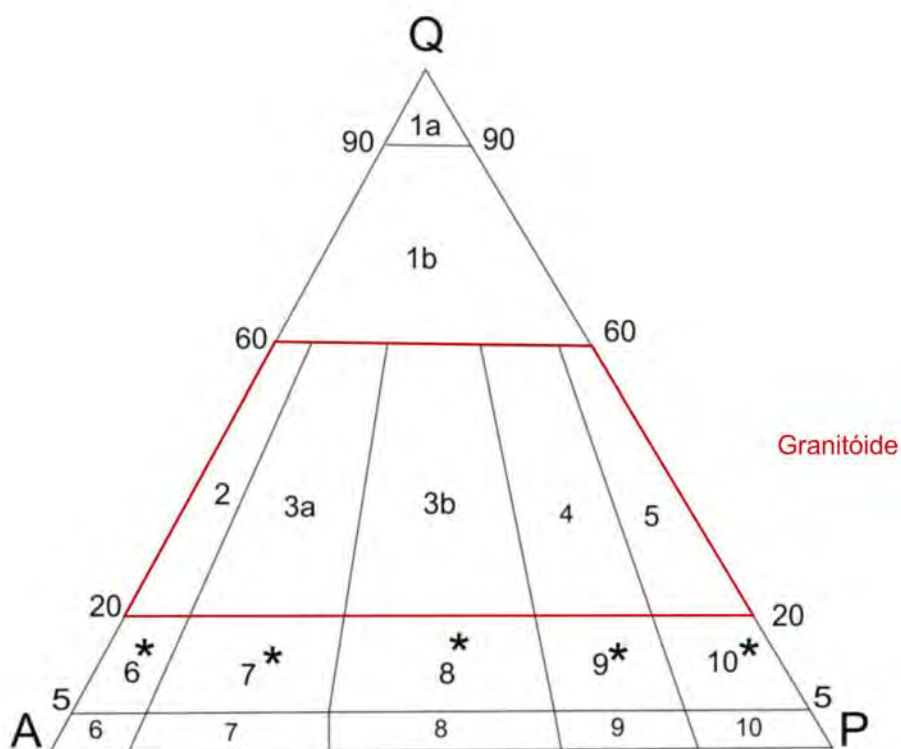
<b>IT01-01</b>	Ortognaisse Resende	<b>ITF-09A</b>	Anfibolito
<b>IT01-07</b>	Ortognaisse Resende	<b>ITF-09B</b>	Anfibolito
<b>IT01-44</b>	Ortognaisse Resende	<b>ITF-13</b>	Ortognaisse Resende
<b>IT01-46D</b>	Ortognaisse Resende	<b>ITF-19</b>	Metagabro
<b>IT01-46E</b>	Ortognaisse Resende	<b>ITF-20A</b>	Cloritito ou serpentinito
<b>IT01-71</b>	Quartzo-diorito	<b>ITF-20B</b>	Cloritito ou serpentinito
<b>IT01-73</b>	Quartzo-diorito	<b>ITF-21A</b>	Anfibolito
<b>IT01-107B</b>	Monzogranito	<b>ITF-21B</b>	Milonito
<b>IT01-167A</b>	Monzogranito	<b>ITF-21C</b>	Milonito
<b>IT02-03A</b>	Ortognaisse Tonalítico Cassiterita	<b>ITF-22A</b>	Anfibolito
<b>IT02-61A</b>	Ortognaisse Tonalítico Cassiterita	<b>ITF-22B</b>	Ortognaisse Resende
<b>IT02-63</b>	Monzogranito	<b>ITF-22C</b>	Metagabro
<b>IT02-64</b>	Quartzo-diorito	<b>ITF-22D</b>	Metagabro
<b>IT02-83</b>	Calciossilicática	<b>ITF-22E</b>	Milonito de Metagabro
<b>IT02-134</b>	Ortognaisse Tonalítico Cassiterita	<b>ITF-27</b>	Ortognaisse Resende
<b>NAT-23A</b>	Anfibolito	<b>ITF-30</b>	Anfibolito
<b>NAT-23B</b>	Anfibolito	<b>ITF-31</b>	Quartzo-diorito
<b>ITF-01A</b>	Anfibolito	<b>ITF-38</b>	Calciossilicática
<b>ITF-01B</b>	Anfibolito	<b>ITF-49</b>	Anfibolito
<b>ITF-01C</b>	Tonalito	<b>ITF-54</b>	Metagabro
<b>ITF-01E</b>	Anfibolito	<b>ITF-60B</b>	Anfibolito
<b>ITF-01F</b>	Anfibolito	<b>ITF-61</b>	Ortognaisse Resende
<b>ITF-01G</b>	Anfibolito	<b>ITF-63A</b>	Quartzo-diorito
<b>ITF-01H</b>	Granodiorito	<b>ITF-63B</b>	Diorito colunar
<b>ITF-01J</b>	Anfibolito	<b>ITF-69</b>	Quartzo-diorito
<b>ITF-01L</b>	Anfibolito	<b>ITF-72</b>	Anfibolito
<b>ITF-01M</b>	Granodiorito	<b>ITF-73</b>	Anfibolito com granada
<b>ITF-01N</b>	Meta-Quartzo-diorito	<b>ITF-74</b>	Anfibolito
<b>ITF-02A</b>	Ortognaisse Resende	<b>ITF-75</b>	Calciossilicática
<b>ITF-02B</b>	Tonalito	<b>ITF-77</b>	Ortognaisse Resende
<b>ITF-02E</b>	Anfibolito		



## 1.4 NOMENCLATURA ADOTADA

No presente estudo o nome atribuído as unidades litoestratigráficas segue as recomendações do Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri *et al.*, 1986), no qual adota-se, primeiramente, o nome referente ao tipo de rocha, seguido da classificação composicional (petrográfica) e, por último, o nome da localidade a onde a rocha foi encontrada. As nomenclaturas utilizadas para texturas, índice de cor e nomenclatura de rochas ígneas e meta-ígneas seguem as últimas convenções da IUGS (Le Maitre, 2002).

O termo gnaiss foi empregado para designar litótipos compostos de quartzo e feldspato e que apresentam estruturas deformacionais como bandamento gnáissico, foliação, dobras e lineação. O prefixo “orto” está relacionado ao protólito ser de natureza ígnea, sucedido pelo nome dado através da plotagem da composição modal no diagrama QAP (**Figura 3**). O termo granitoide foi utilizado para designar rochas plutônicas que possuem entre 20% e 60% de quartzo em relação ao somatório de quartzo + plagioclásio + álcali-feldspato (**Figura 3**). O prefixo “meta” é utilizado para rochas que sofreram metamorfismo e deformação, mas que, entretanto preservaram estruturas primárias ígneas.



**Figura 3.** Diagrama modal QAP de Streckeisen (1976) para classificação das rochas plutônicas; 1a- Quartzolito (silexito); 1b- Granitoide rico em quartzo; 2- Álcali-feldspato granito; 3a- Sienogranito; 3b- Monzogranito; 4- Granodiorito; 5- Tonalito; 6\*- Quartzo álcali-feldspato sienito; 7\*-Quartzo sienito; 8\*- Quartzo monzonito; 9\*- Quartzo monzodiorito/Quartzo monzogabro; 10\*- Quartzo diorito/Quartzo gabro/Quartzo anortosito; 6- Álcali-feldspato sienito; 7- Sienito; 8- Monzonito; 9- Monzodiorito / Monzogabro; 10- Diorito / gabro / anortosito.

Segundo London (2008), o termo pegmatito deve ser utilizado para designar rochas de natureza ígnea, preferencialmente graníticas, com granulação grossa ou com abundância de cristais esqueléticos (ou outras texturas de crescimento acelerado).

As abreviações utilizadas para a descrição dos elementos estruturais foram:

D – fase de deformação;

F – fase de dobramento;

S – estruturas planares: clivagem, xistosidade e foliações em geral;

L – estruturas lineares.

No caso de elementos estruturais de eventos tectônicos distintos são adicionados aos símbolos índices indicativos da sucessão cronológica. Por exemplo, durante uma fase deformacional  $D_n$ , são geradas dobras  $F_n$ , foliações  $S_n$  e lineações  $L_n$ .

A nomenclatura textural de rochas ígneas seguiu a proposta de Williams *et al.* (1970) e corresponde à:

- 1) Afanítica: minerais que não são reconhecíveis a olho nu ou com auxílio de uma lupa de 10x.
- 2) Fanerítica: minerais que são reconhecíveis a olho nu ou com uma lupa de 10x. São subdivididos em:
  - Equigranular: minerais apresentam tamanho semelhante;
  - Porfirítica: grãos maiores (fenocristais) envolvidos por uma matriz menor;
  - Seriada: apresenta cristais com ampla variação de tamanho.

A proposta de Williams *et al.* (1970) foi adotada para a descrição de granulação (**Tabela 2**), enquanto a proposição de Dana (1969) para o desenvolvimento de faces nos cristais (**Tabela 3**). Para o grau de desenvolvimento das faces dos cristais metamórficos foram utilizados os termos proposto por Williams *et al.* (1970): idioblástico (para um cristal que apresente faces bem formadas); hipidioblástico (para um mineral com algumas das faces bem formadas); ou xenoblástico (para um grão que não possui faces bem formadas).

**Tabela 2.** Granulação adotada a partir do tamanho dos cristais (Williams *et al.*, 1970).

GRANULAÇÃO	TAMANHO DOS CRISTAIS
Fina	< 1 mm
Média	1 a 5 mm
Grossa	5 mm a 3 cm
Muito grossa	> 3 cm

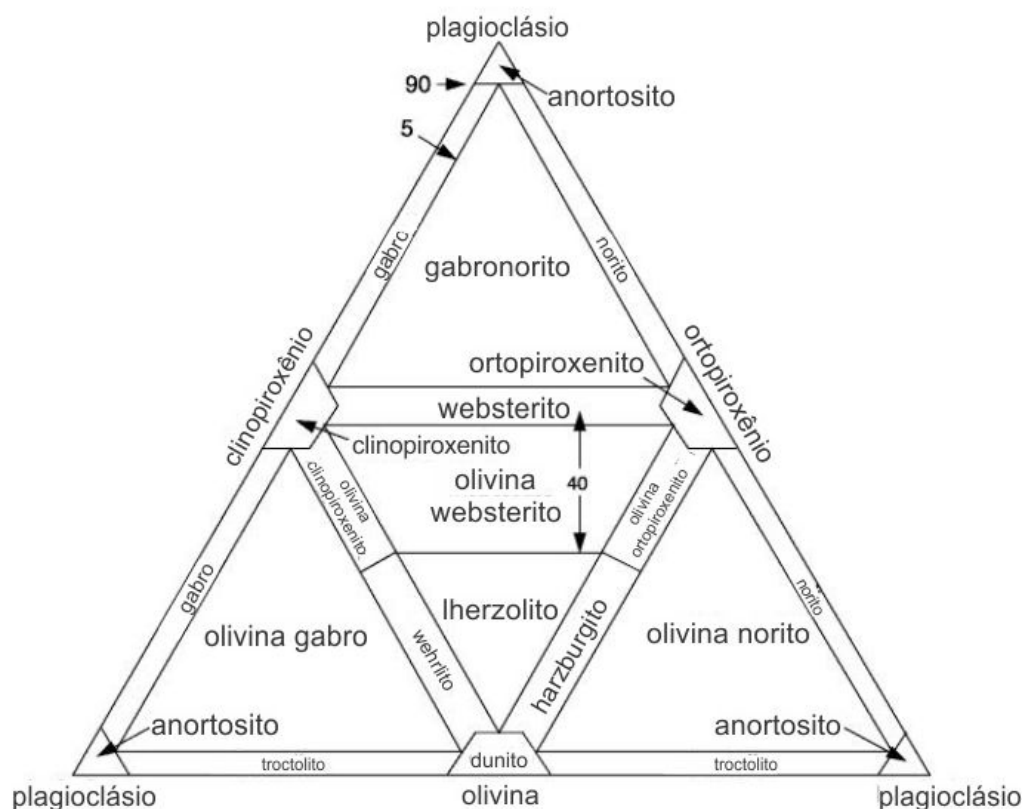
**Tabela 3.** Classificação de Dana (1969) para grau de desenvolvimento dos cristais.

<b>Euédrico</b>	Grãos com faces bem formadas
<b>Subédrico</b>	Grãos com parte das faces bem formadas
<b>Anédricos</b>	Grãos com faces irregulares

A classificação petrográfica das rochas plutônicas caracteriza-se pela determinação do seu índice de cor com base na porcentagem de minerais escuros (máficos) e claros (félsicos) (**Tabela 4**). Também foi utilizada a subdivisão das rochas em félsicas (0 a 40% de minerais escuros), máficas (40 a 70% de minerais escuros) e ultramáficas (70 a 100% de minerais escuros). Se a rocha possuir menos de 90% de minerais escuros utiliza-se o diagrama QAPF e se possuir mais de 90% podem ser utilizados os diagramas de classificação de rochas ultramáficas e gabróicas (**Figura 4**).

**Tabela 4.** Índice de cor segundo a classificação de Le Maitre (2002) para rochas ígneas.

<b>ÍNDICE DE COR</b>	<b>TEOR DE MINERAIS MÁFICOS</b>
<b>Hololeucocrática</b>	0 – 10%
<b>Leucocrática</b>	10 – 35%
<b>Mesocrática</b>	35 – 65%
<b>Melanocrática</b>	65 – 90%
<b>Holomelanocrática</b>	90 – 100%



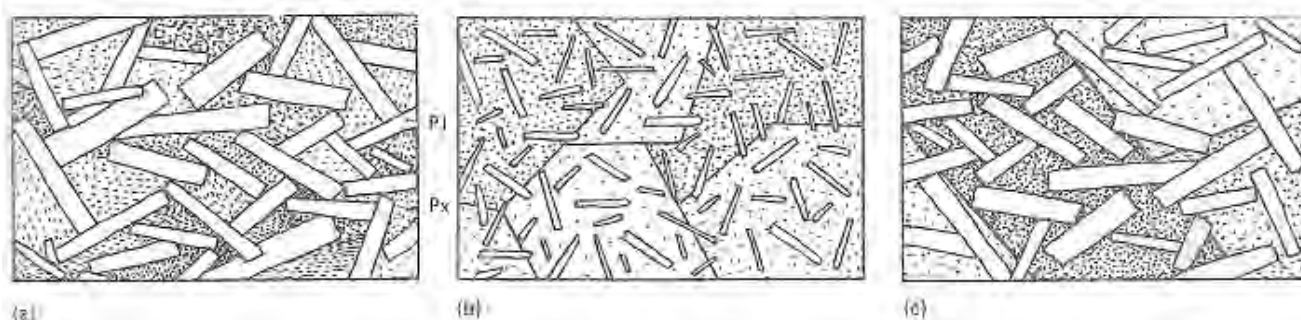
**Figura 4.** Diagramas de classificação de rochas holomelanocráticas (Streckeisen, 1976) de acordo com os minerais predominantes.

Para a descrição de rochas ígneas máficas, foram utilizadas as seguintes nomenclaturas de texturas mais comuns:

1) Textura intergranular (**Figura 5a**) – Disposição entrecruzada de grãos de plagioclásio, deixando entre eles, espaços ocupados por minerais ferromagnesianos.

2) Textura ofítica (**Figura 5b**) – Definida por cristais poiquilíticos de piroxênio, que formam a estrutura da rocha, incluindo cristais de plagioclásio. Diferentemente da textura intergranular, os cristais de piroxênio não estão entre os grãos de plagioclásio, mas estão envolvendo os mesmos.

3) Textura subofítica (**Figura 5c**) – Textura intermediária entre 1 e 2. Os grãos de piroxênio são poiquilíticos, incluem cristais menores de plagioclásio, que estão em contato e formam um entrelaçado similar à primeira, com continuidade óptica entre os cristais.



**Figura 5.** Principais texturas de rochas básicas: (a) intergranular (ou diabásica); (b) ofítica e (c) subofítica (Dorado, 1989).

A classificação dos tipos de enclaves foi seguida de acordo com a proposta de Didier & Barbarin (1991), onde são vistos as formas e natureza entre os contatos (**Tabela 5**).

**Tabela 5.** Nomenclatura dos tipos de enclaves de acordo com Didier & Barbarin (1991).

ENCLAVE	NATUREZA	CONTATO
<b>Xenolítico</b>	Pedago da rocha encaixante (hornfels)	Penetrante
<b>Xenocristal</b>	Cristal isolado estranho à rocha	Penetrante
<b>Surmicáceo</b>	Resíduo de fusão (restito)	Penetrante, com uma crosta biotítica
<b>Schlieren</b>	Enclave “rompido” ou “dilacerado”	Gradual
<b>MicrogranularFélsico</b>	Dilaceração de margens finas	Penetrante ou gradual
<b>MicrogranularMáfico</b>	Bolhas de magmas coesos	Predominantemente anguloso
<b>Cumulático (autolítico)</b>	Ruptura e dilaceração de cumulos	Predominantemente gradual

Quando as rochas são submetidas a esforços deformacionais pode vir a ocorrer a diminuição do tamanho dos grãos e a recrystalização dos mesmos. Neste contexto o termo milonito é utilizado para rochas de qualquer composição que sofreram as consequências de uma intensa deformação, geralmente associadas à zonas de cisalhamento que apresentam estruturas específicas como: presença de porfiroclastos e matriz fina formada por cristais recrystalizados; estruturas assimétricas do tipo bandas de cisalhamento C/S ou C'; minerais “fish” ou foliação oblíqua, podendo conter indicação cinemática, apontando para movimentação dextral ou sinistral (Trouw *et al.*, 2010). Porfiroclastos são minerais remanescentes da rocha original devido à resistência à deformação, sendo geralmente circundado por uma matriz de minerais recrystalizados gerados durante o processo de deformação. A foliação planar formada nesse processo é denominado foliação milonítica, enquanto a estrutura linear é chamada de lineação de estiramento. A classificação das rochas miloníticas é baseada na proporção entre matriz e porfiroclastos (Passchier & Trouw, 1996), onde são subdivididas em: protomilonitos (10-50% de matriz), milonitos, propriamente ditos (50-90% de matriz) e ultramilonitos (> 90% de matriz).

A classificação de texturas metamórficas (**Figura 6**) foi baseada no trabalho de Bard (1985) e consiste em:

**A) Rochas sem orientação mineralógica preferencial (texturas granoblásticas):**

- 1 – textura isogranular (minerais com mesmo tamanho);
- 2 – textura poligonal, em mosaico (minerais com mesmo tamanho e bordas de grãos retas ou curvas, com abundância de uniões tríplices);
- 3 – textura heterogranular (minerais com tamanhos diferentes).

**B) Rochas com texturas controladas pelo hábito dos minerais:**

- 4 – textura lepidoblástica (minerais preferencialmente alongados mais ou menos orientados);
- 5 – textura nematoblástica (minerais ligeiramente maiores com hábito de prismas alongados);
- 6 – textura porfiroblástica (abundantes poiquiloblastos com inclusões helicíticas);
- 10 – textura com minerais em viga;
- 11 – textura com minerais em roseta;
- 13 – textura vermiculada (simplectita de minerais lobulados).

**C) Rochas que resultam da combinação de “A” + “B”:**

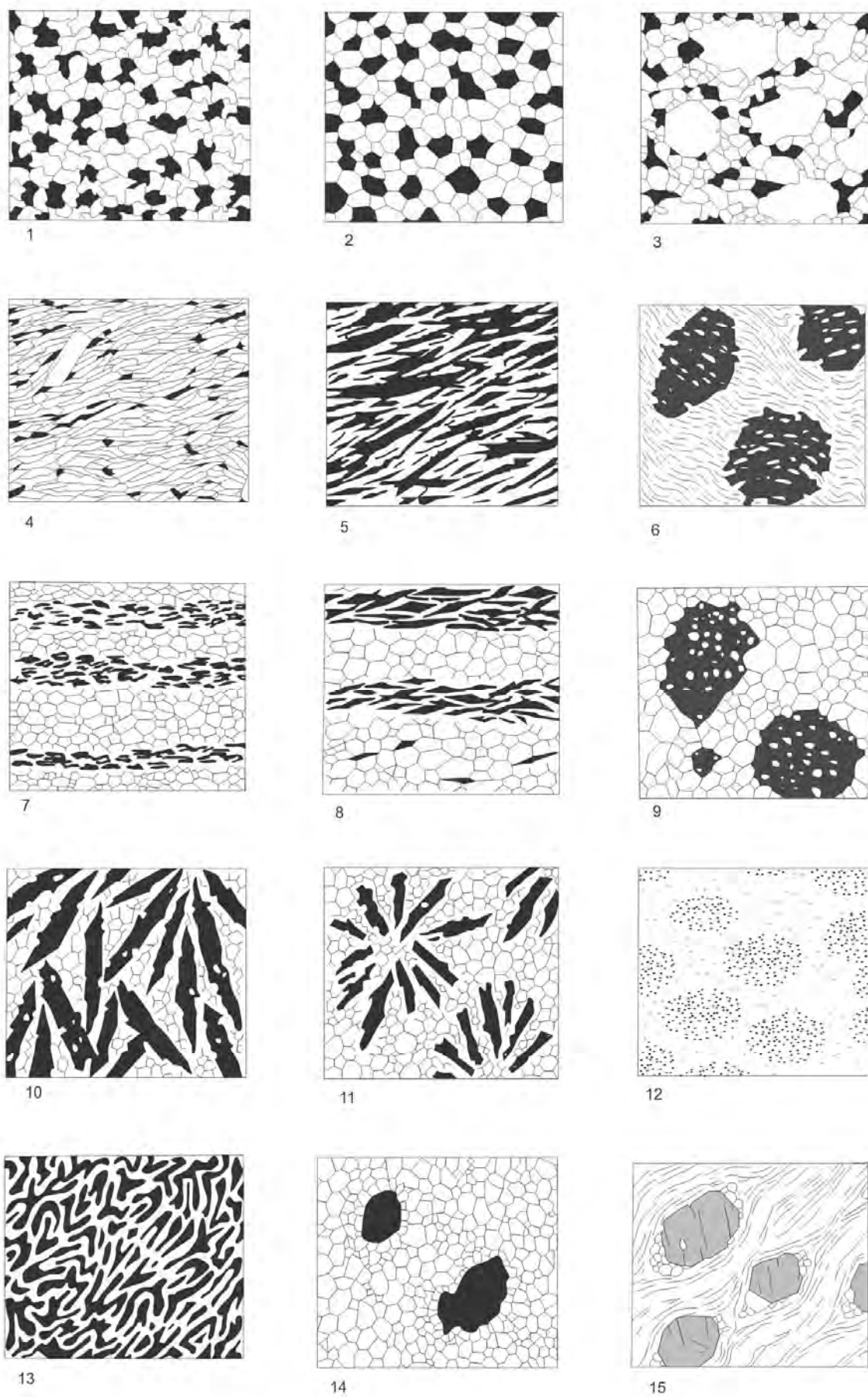
- 7 (1, 2 ou 3 + 4) – textura granolepidoblástica;
- 8 (1, 2 ou 3 + 5) – textura granonematoblástica;
- 9 (1, 2 ou 3 + 6) – textura granoporfiroblástica.

**D)** Rochas com minerais ou agrupamentos minerais esféricos ou esferoidais englobados em uma matriz do tipo 1, 2, 3, 4 ou 5:

12 – textura nodulosa;

14 – textura coronítica reacional;

15 – textura ocelar, glandular.



**Figura 6.** Texturas metamórficas segundo Bard (1985).

# **CAPÍTULO 2**

## **CONTEXTO GEOLÓGICO**

### **REGIONAL**

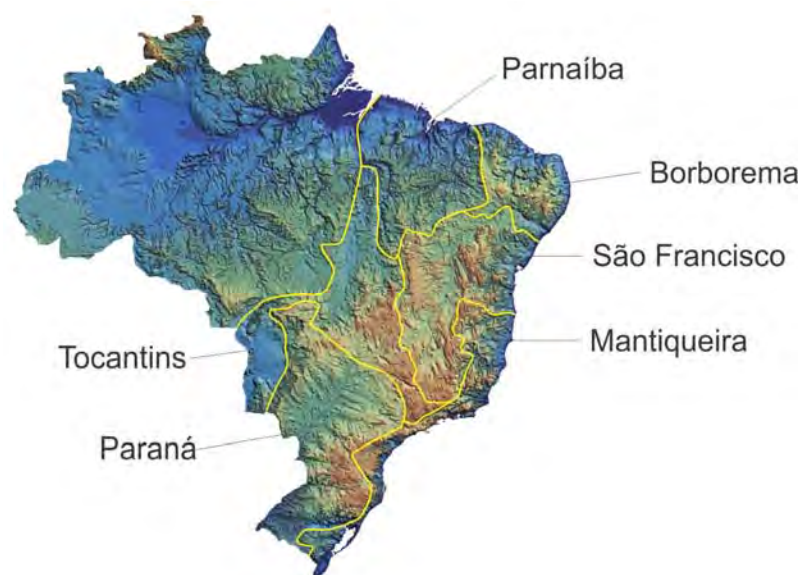


## 2.1 INTRODUÇÃO

Almeida *et al.* (1977) subdividiram o continente Sul-Americano em quatro domínios, sendo eles: Embasamento; Plataforma Patagônica; Cobertura Fanerozoica; e Cadeia Andina. O Embasamento corresponderia a uma área antiga e de estabilidade em relação a atual subducção Andina e foi subdividido em três Escudos: Atlântico, Brasil-Central e das Guianas (**Figura 7**). Neste contexto, o Escudo Atlântico também foi subdividido por Almeida *et al.* (1981) em quatro províncias lito-estruturais, que correspondem a: Borborema; São Francisco; Tocantins; e Mantiqueira (**Figura 8**).



**Figura 7.** Grandes domínios do continente Sul-americano (Almeida *et al.*, 1977).



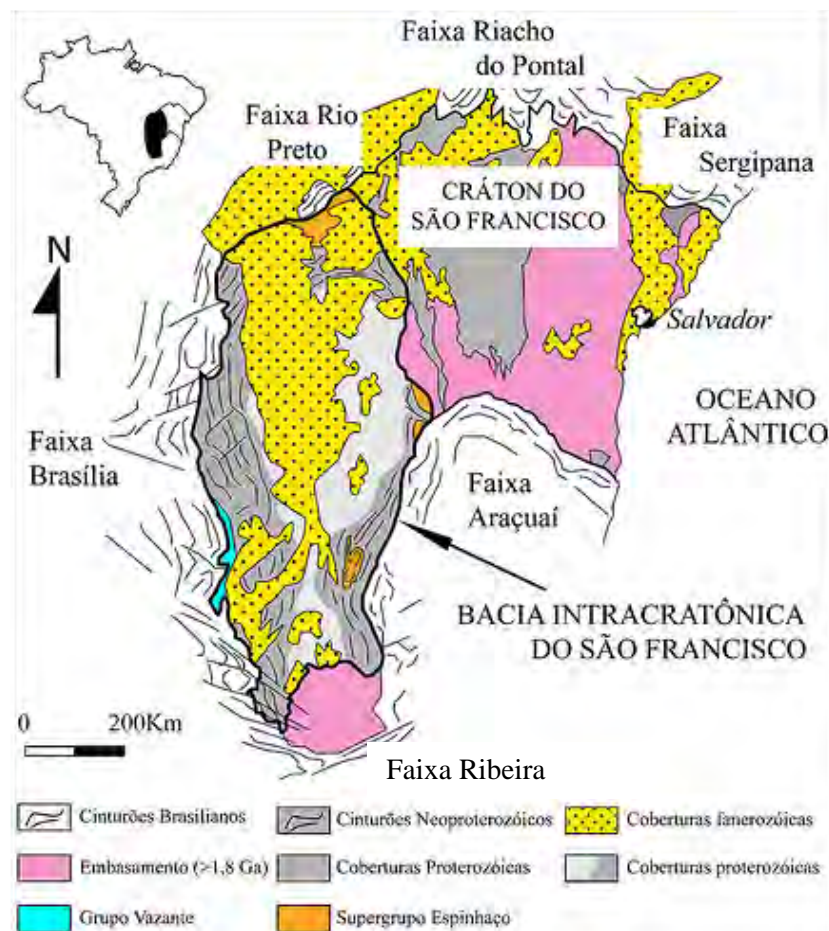
**Figura 8.** Províncias lito-estruturais do território brasileiro sobre o modelo digital de elevação do terreno (Bizzi *et al.*, 2003).

A Província São Francisco, na qual a área do trabalho está incluída, possui seus limites praticamente iguais ao do cráton do São Francisco, estendendo-se desde o estado de Minas Gerais até o estado da Bahia.

## 2.2 CRÁTON DO SÃO FRANCISCO

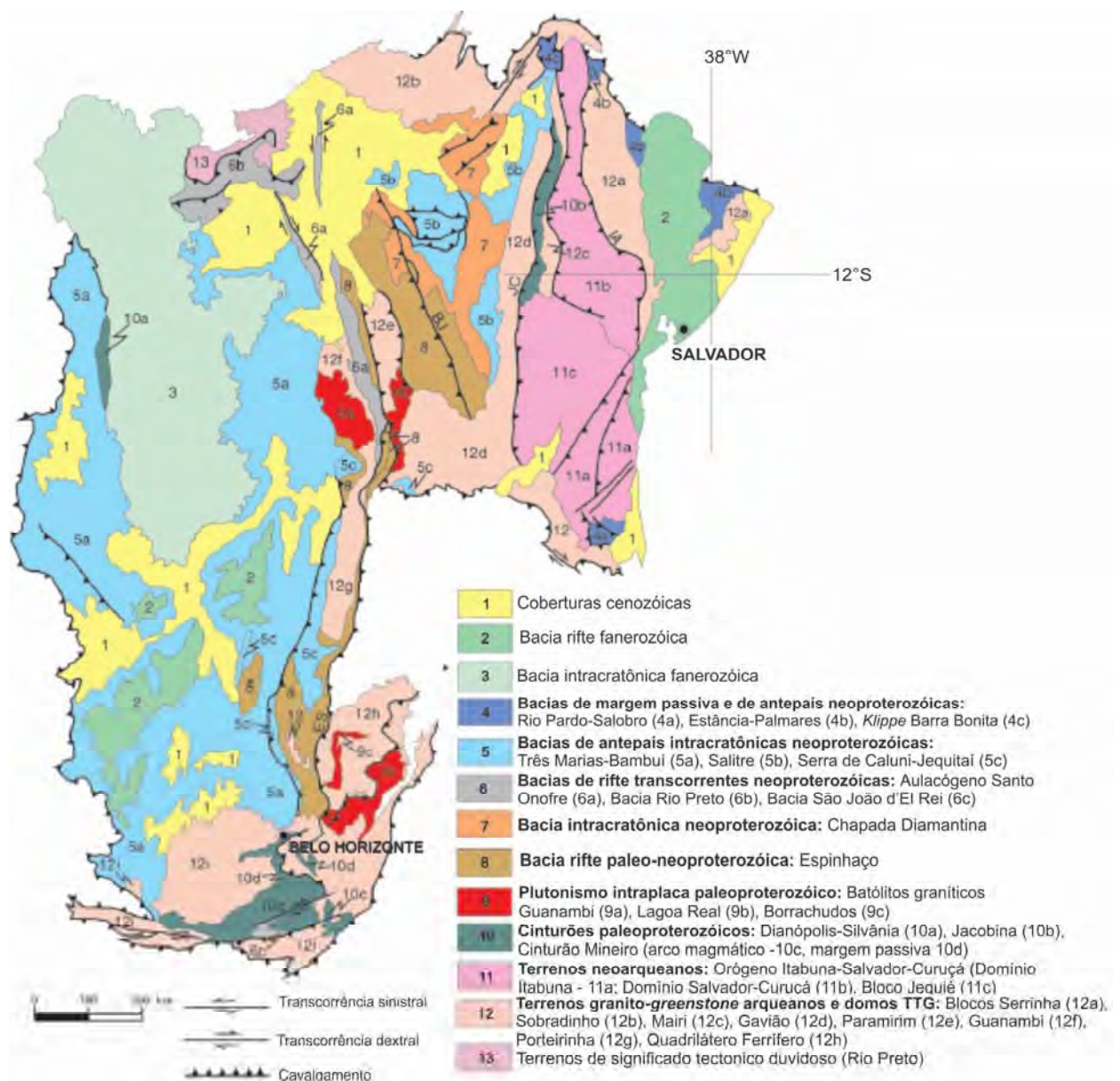
Almeida (1977) definiu o Cráton do São Francisco como uma unidade tectônica que não sofreu as consequências do Ciclo Brasileiro (900 – 490 Ma), evento que deu origem as faixas móveis Brasília (ao sul e oeste), Rio Preto (ao noroeste), Riacho do Pontal e Sergipana (ao norte) e Araçuaí (ao sudeste) (**Figura 9**). Para Trouw *et al.* (2000), a borda meridional do Cráton do São Francisco é delimitada pelo truncamento das faixas Brasília a oeste e Ribeira a leste, sendo, portanto uma zona de interferência.

Segundo Noce *et al.* (2000), a borda meridional do Cráton do São Francisco consiste de um núcleo arqueano parcialmente circundado por um cinturão paleoproterozoico, relacionado à Orogênese Transamazônica. Para Almeida (1981), o Cráton do São Francisco teve como antecessor o Cráton do Paramirim, o qual teria sido formado ao final do Ciclo Jequié.



**Figura 9.** Configuração do Cráton do São Francisco e suas faixas marginais (adaptado de Alkmim, 2004).

Em termos gerais na borda do cráton São Francisco, o final do Arqueano e o início do Paleoproterozóico é marcado por um período de tafrogênese, que gerou magmatismo intraplaca, riftes e a formação de uma margem passiva, permitindo a deposição dos sedimentos do Supergrupo Minas (Alkmim, 2004). Segundo propostas recentes, durante o Sideriano ocorreu a formação de um arco magmático na borda meridional do Cráton do São Francisco (Ávila *et al.*, 2011; Teixeira *et al.*, 2012; Seixas *et al.*, 2012), enquanto um novo evento tectono-termal transcorreu no Riacciano, sendo este responsável pela acresção de um conjunto de arcos mais novos desde intraoceânicos (Ávila *et al.*, 2010) até continentais (Noce *et al.*, 2007; Heilbron *et al.*, 2010) (**Figura 10**). Estes arcos e seu respectivo antepaís estão presentes na borda meridional do Cráton do São Francisco e foram reunidos no Cinturão Mineiro (Teixeira *et al.*, 2000).



**Figura 10.** Principais feições estruturais e domínios tectônicos do cráton São Francisco. Lineamentos: JC – Jacobina-Contendas; BJ – Barrado Mendes-João Correia; ES – Espinhaço; IA – Itiúba- Anuri (Delgado *et al.*, 2003).

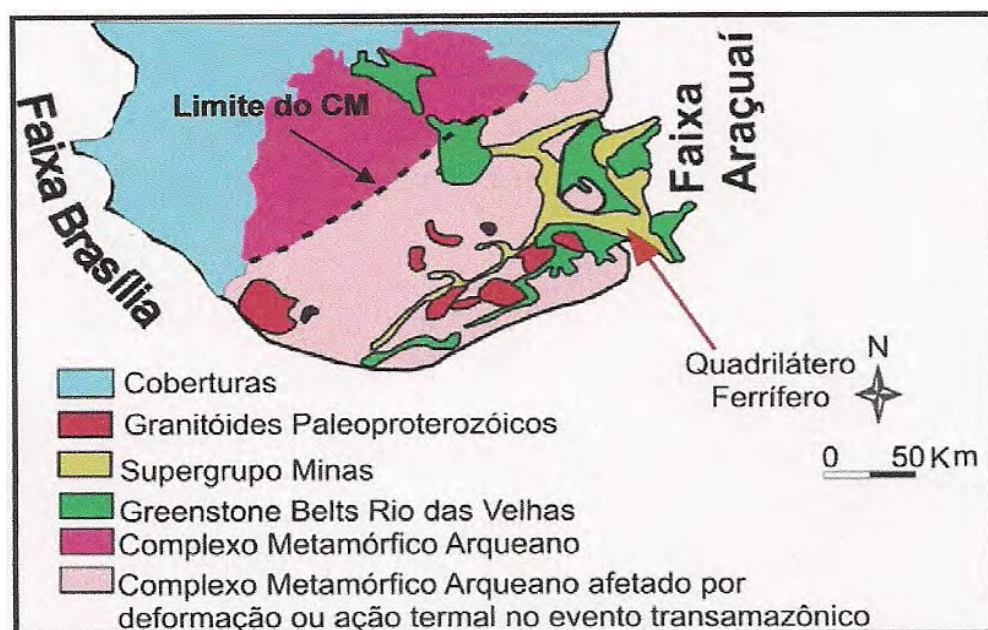


Ocorrem ainda no cráton uma série de feições estruturais que separam os domínios tectônicos, sendo elas zona de cisalhamento, falha de empurrão e lineamento (**Figura 10**). Na borda meridional do Cráton do São Francisco destacam-se: i) Lineamento Jaceaba-Bonsucesso, que é uma estruturação relevante, pois separa uma porção ao norte arqueana de uma porção ao sul paleoproterozoica (Campos, 2004); ii) Zona de Cisalhamento do Lenheiro, que segundo Ávila (2000) separaria dois blocos crustais paleoproterozoicos com histórias geológicas distintas.

## 2.3 CINTURÃO MINEIRO

Teixeira *et al.* (2000) definiram o Cinturão Mineiro como uma faixa NE-SW, bordejando a porção sul do Quadrilátero Ferrífero e englobando terrenos gnáissicos - migmatíticos, granitóides intrusivos em seqüências *greenstone belts*, além de rochas supracrustais do Supergrupo Minas.

Segundo Alkmin (2004), o Cinturão Mineiro compreende um Complexo Metamórfico Arqueano (3,3 a 2,8 Ga), retrabalhado ou não no Evento Transamazônico, rochas do *greenstone belt* Rio das Velhas, rochas metassedimentares do Supergrupo Minas, além de granitoides paleoproterozoicos (**Figura 11**).



**Figura 11.** Mapa geológico do sul do cráton São Francisco, mostrando a zona de influência do Evento Transamazônico (modificado de Alkmin, 2004).

### 2.3.1 GREENSTONE BELTS

Afloram ao longo da borda meridional do Cráton do São Francisco seqüências de rochas vulcano-sedimentares alongadas e com orientação N-S e NE-SW. Estes cinturões são importantes devido ao seu potencial metalogenético para depósitos de Zn-Cu-Ag-Fe e Ni-Co-

V-Au. São exemplos os *greenstone belts* Fortaleza de Minas, Rio das Velhas, Piumhi, Barbacena e Morro de Ferro.

O *greenstone belt* Barbacena foi definido por Pires (1978), redefinido por Pires *et al.* (1990) e seguido em sua definição por vários autores (Trouw *et al.*, 1986; Noce *et al.*, 1987; Ribeiro *et al.*, 1995). Posteriormente as rochas desse *greenstone* foram subdivididas por Quéméneur & Baraud (1983), Teixeira (1991), Ávila (2000) e Toledo (2002) em duas faixas distintas com diferentes designações, enquanto Ávila *et al.* (2004; 2010) propuseram a subdivisão do mesmo em três faixas, as quais foram designadas de Rio das Mortes, Nazareno e Dolores de Campos. Em termos gerais, as três faixas são separadas por ortognaisses, granitoides e zonas de cisalhamento.

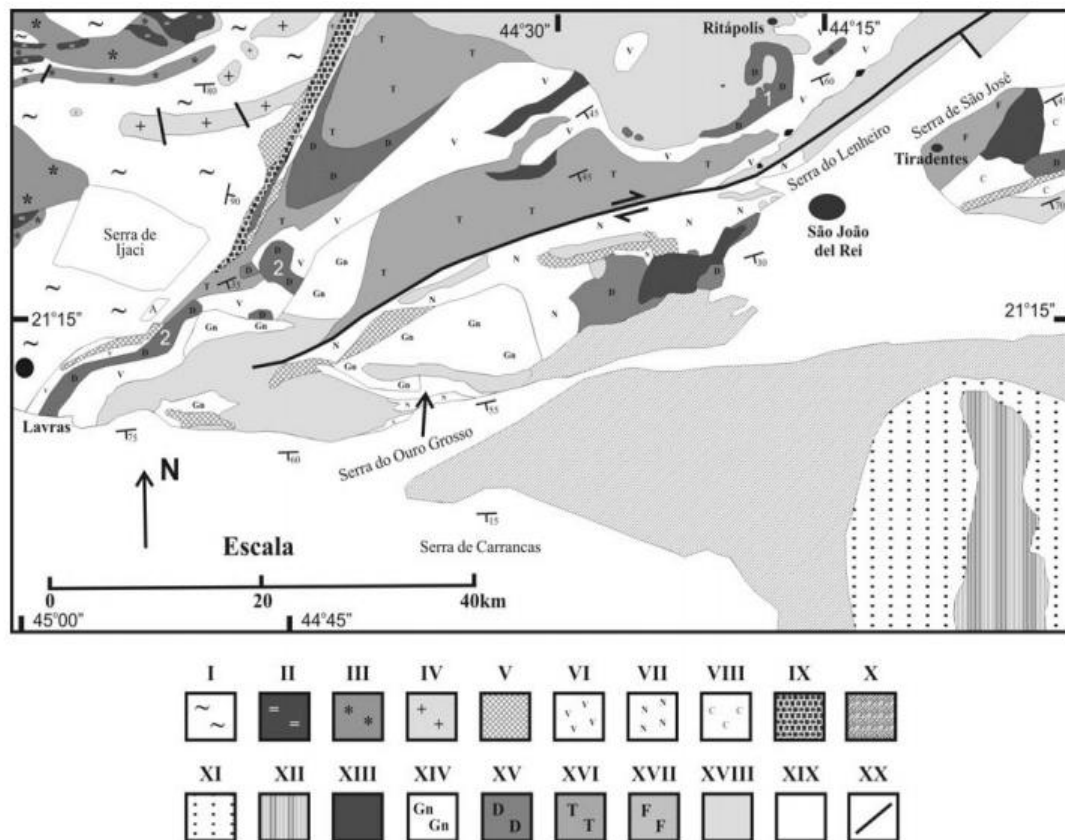
Segundo Ávila (2000), Ávila *et al.* (2010) e Vasques *et al.* (2010) a faixa Rio das Mortes, que ocorre ao norte da Zona de Cisalhamento do Lenheiro (**Figura 12**), é composta por rochas metamáficas de filiação toleítica (anfíbolitos e xistos de diversas composições) com intercalações de rochas metassedimentares (filitos, grafita-filitos, gonditos, cherts e quartzitos) e raras ocorrências de rochas metaultramáficas. Já na faixa Nazareno, que ocorre ao sul da Zona de Cisalhamento do Lenheiro (**Figura 12**), o volume de vulcanismo ultramáfico é mais expressivo, sendo representado por komatiitos, serpentinitos, clorita-talco xistos, enquanto o vulcanismo máfico é representado por anfíbolitos e tremolita xistos (Toledo, 2002; Ávila *et al.*, 2010). A faixa Dolores de Campos é composta por rochas metaultramáficas, (serpentinitos, clorita-tremolita talco xisto), metamáficas (anfíbolitos) e poucas rochas metassedimentares (Ávila *et al.*, 2010).

### 2.3.2 ORTOGNAISSES

Segundo os dados geocronológicos mais recentes, a grande maioria dos ortognaisses da borda meridional do Cráton do São Francisco foram formados no Arqueano e no início do Paleoproterozoico. Os ortognaisses arqueanos estão associados aos complexos metamórficos (Bação, Belo Horizonte, Bonfim, Caeté, Campo Belo e Passa Tempo), enquanto os paleoproterozoicos estão associados a arcos magmáticos intraoceânicos ou continentais (Ávila *et al.*, 2010), caracterizando a formação de ampla crosta continental. Em alguns casos estes podem também representar antigos microcontinentes, que atualmente estão muito deformados e metamorfisados (Delgado *et al.*, 2003).

Cherman (2004) dividiu os ortognaisses da região entre Itumirim e Nazareno em ortognaisses novos e velhos, tendo como base dados estruturais, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos. Os ortognaisses velhos teriam composição granodiorítica a tonalítica, com dois intervalos de idades obtidos através do método Pb/Pb por evaporação de monocristal de

zircão: um variando de 2.255 a 2.200 Ma e outro com idade mínima próxima a 2.177 Ma. Quanto aos ortognaisses novos, a composição destes varia de granítica a granodiorítica e as idades entre 2.120 Ma e 2.100 Ma.



**Figura 12.** Mapa geológico da região entre as cidades de Lavras e São João del Rei (Ávila *et. al.*, 2008). Arqueano: I – Gnaisses tonalíticos, trondhjêmíticos e granodioríticos. II – Corpos de enderbitos, tonalitos, anortositos e gabros. III – Charnockitos. IV – Granitóides. Arqueano/Paleoproterozoico: V – Corpos metaultramáficos. VI – *Greenstone belt* Rio das Mortes. VII – *Greenstone belt* Nazareno. VIII – *Greenstone belt* Dolores de Campos. Paleoproterozoico: IX – Supergrupo Minas. X – Granitóides indivisos. XI – Gnaiss Piedade. XII – Gnaiss sienítico da Serra dos Matolas. XIII – Piroxenitos – Gabros. XIV – Ortognaisses velhos. XV – Dioritos, quartzo-dioritos e quartzo-monzonitos. XVI – Tonalitos e trondhjemitos. XVII – Matafelsitos, metamafitos e rochas metassedimentares. XVIII – Granodioritos e granitos. Mesoproterozoico/Neoproterozoico: XIX – Rochas metassedimentares das Megassequências São João del Rei, Carandaí e Andrelândia. XX – Principais falhas no embasamento Arqueano/Paleoproterozoico. 1 – Diorito Brumado ( $2131 \pm 4$  Ma). 2 – Diorito Rio Grande ( $2155 \pm 3$  Ma).

### 2.3.3 CORPOS PLUTÔNICOS

Os trabalhos desenvolvidos na década de 1950 englobavam em um mesmo conjunto (Complexo ou Grupo Mantiqueira) os granitos e ortogneisses de diferentes idades e aspectos em campo. Com a evolução do conhecimento geológico, esses corpos começaram a serem separados, sendo que os gnaisses foram correlacionados ao Arqueano e os granitos ao Paleoproterozoico (Pires & Porto Junior, 1986). Com o advento dos dados geocronológicos, caracterizou-se claramente que os ortognaisses também seriam paleoproterozoicos (Ávila, 2000; Cherman, 2004).

Estudos geocronológicos atuais apresentam cinco grupos de idades para o plutonismo paleoproterozoico da borda meridional do Cráton do São Francisco, os quais seriam representados por:

i) 2358 a 2356 Ma: é o grupo mais antigo e envolve o ortogneisse Resende Costa, que foi gerado em um arco magmático juvenil Sideriano precedente à formação dos anfibolitos que o envolvem (Ávila *et al.*, 2011; Teixeira *et al.*, 2012);

ii) 2.227 a 2.211 Ma: rochas subvulcânicas e vulcânicas da suíte Serrinha, as quais são representadas pelo granodiorito Brumado de Cima ( $2.227 \pm 22$  Ma), quartzo diorito do Brito ( $2.221 \pm 2$  Ma), granodiorito Brumado de Baixo ( $2.218 \pm 4$  Ma) e granófiros ( $2.211 \pm 22$  Ma) (Ávila *et al.*, 2010);

iii)  $2191 \pm 9$  Ma a  $2162 \pm 10$  Ma: corpos gnaissificados como o quartzo monzodiorito Glória ( $2188 \pm 29$  Ma) e os ortogneisses Fé ( $2191 \pm 9$  Ma) e Cassiterita ( $2162 \pm 10$  Ma) (Ávila *et al.*, 2003, 2006; Teixeira *et al.*, 2008);

iv) 2155 a 2131 Ma: cristalização de corpos dioríticos, como o diorito Rio Grande ( $2155 \pm 3$  Ma) e o diorito Brumado ( $2131 \pm 4$  Ma) (Ávila, 2000; Cherman, 2004);

v)  $2121 \pm 7$  Ma a  $2101 \pm 8$  Ma: pulso mais novo relacionado a diversos corpos graníticos mais jovens, representados pelo granitóide Ritápolis ( $2121 \pm 7$  Ma), granitos Itutinga ( $2116 \pm 11$  Ma) e Itumirim ( $2101 \pm 8$  Ma) (Ávila, 2000; Cherman, 2004).

## 2.4 DEFORMAÇÃO E METAMORFISMO

Toledo (2002) descreveu três fases de deformação denominadas  $D_{n-1}$ ,  $D_n$  e  $D_{n+1}$ , sendo  $D_n$  responsável por gerar as principais feições estruturais da região. A fase mais antiga  $D_{n-1}$  se instalou nas rochas mais antigas do *greenstone belt* e nos gnaisses bandados tonalíticos gerando uma foliação  $S_{n-1}$ , discordante a foliação principal, vista principalmente nas rochas anfibolíticas da Faixa Rio das Mortes. Esta foliação foi dobrada durante a fase  $D_n$ , fase esta responsável pela formação de uma foliação principal  $S_n$  de orientação N60-90°E com mergulho íngreme para sudeste ou noroeste. Neste evento também se instalaram zonas de cisalhamento subverticais destrais gerando uma foliação milonítica concordante com  $S_n$ , onde a lineação de estiramento possui mergulho de 10° a 30° para sudoeste.

A última fase  $D_{n+1}$ , corta a fase anterior, possui caráter não penetrativo, pois teria se desenvolvido em nível crustal mais raso e tem orientação S50-80°E. Esta fase gerou crenulação da foliação  $S_n$ , com eixos N10-50°W e mergulho suave para nordeste ou sudoeste. Concomitante a esse evento se instalaram zonas de cisalhamento de orientação N10-45°E com mergulho íngreme para leste ou oeste, de caráter destrai ou sinistral.

Cada evento deformacional gerou, portanto, um evento metamórfico, onde o primeiro (M1) não é muito bem caracterizado, mas segundo Toledo (2002) teria chegado à fácies anfibolito. Os pulsos metamórficos M<sub>2</sub> e M<sub>3</sub> são mais expressivos, sendo o primeiro deles na condição de fácies anfibolito inferior a médio e considerado como de idade Arqueana, enquanto o segundo na fácies xisto verde teria idade paleoproterozoica. É importante observar que a paragênese metamórfica irá variar de acordo com a natureza química do protólito ígneo envolvido.

Segundo Ávila *et al.* (2008, 2010) o evento metamórfico-deformacional M<sub>2</sub>, de Toledo (2002) teria idade entre 2250 – 2170 Ma e se desenvolvido durante a fase D<sub>n</sub> gerando nas rochas metamáficas a formação da paragênese Mg-hornblenda/Fe-hornblenda + oligoclásio/andesina ± clorita ± epidoto ± biotita ± titanita ± ilmenita proposta por Toledo (2002), enquanto nas rochas metaultramáficas a paragênese crisotila + antigorita ± talco ± magnesita ± magnetita teria sido estabelecida (Cherman, 1999). O evento metamórfico M<sub>3</sub> teria idade entre 2131-2100 Ma (Ávila *et al.*, 2008) ocasionou a formação da paragênese actinolita ± albita ± epidoto ± biotita ± titanita nos corpos dioríticos (Ávila, 1992, 2000, 2008; Couto, 2000), enquanto nas rochas metaultramáficas ocasionou a paragênese serpentina ± clorita ± talco ± tremolita (Cherman, 2004) e nas rochas metamáficas actinolita ± clorita ± epidoto ± zoisita/clinozoisita ± biotita ± albita ± sericita (Toledo, 2002) (**Tabela 6**). O evento metamórfico M<sub>3</sub> seria o responsável pelo desenvolvimento de uma orientação de strike NEE-SWW que predomina regionalmente nas faixas *greenstone* e nos corpos plutônicos, bem como pela formação de uma foliação subvertical nas rochas metamáficas e metaultramáficas das faixas *greenstone* (Cherman, 2004). Segundo Ávila *et al.* (2008) um evento neoproterozóico da fácies xisto verde afetou localmente as rochas metaultramáficas, metamáficas e os corpos plutônicos paleoproterozóicos.

**Tabela 6.** Principais características dos três eventos metamórficos – deformacionais representados em rochas da região de Lavras–São João del Rei, borda meridional do Cráton São Francisco, Minas Gerais (Ávila *et al.*, 2008).

IDADE DO EVENTO METAMÓRFICO	FÁCIES METAMÓRFICA	PARAGÊNESE	ROCHAS E PROCESSOS ENVOLVIDOS
Neoproterozóico entre 604 e 567 Ma (SOLLNER & TROUW, 1997; TROUW & PANKHURST, 1993)	Xisto verde (pressão alta) a anfibolito	Cianita + biotita + clorita + granada + cloritóide + quartzo + estauroilita (RIBEIRO <i>et al.</i> , 1995)	Quartzitos, xistos e filitos das megassequências São João del Rei e Carandaí. Falhas e zonas de cisalhamento como reflexo nas rochas do embasamento
Paleoproterozóico II entre 2131 e 2101 Ma (ÁVILA, 2000)	Xisto verde e/ou anfibolito inferior	Actinolita ± albita ± epidoto ± biotita ± titanita (ÁVILA, 1992; SILVA, 1996)	Rochas dos <i>greenstone belts</i> Nazareno e Rio das Mortes; piroxenitos e dunitos; ortognaisses, trondhjemitos, granodioritos granitos e dioritos do cinturão Mineiro
Paleoproterozóico I entre 2250 e 2170 Ma	Anfibolito médio	Mg-Fe hornblenda + oligoclásio - andesina ± clorita ± epidoto ± biotita ± titanita ± ilmenita (CHERMAN, 1999; TOLEDO, 2002)	Anfibolitos, metakomatiitos, xistos, filitos, gonditos e quartzitos dos <i>greenstone belts</i> Nazareno e Rio das Mortes; piroxenitos e dunitos; ortognaisses do cinturão Mineiro



# **CAPÍTULO 3**

## **GEOLOGIA DA ÁREA**

### 3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas as principais características das sete unidades litológicas que ocorrem na área estudada, as quais foram cartografadas na escala 1:25.000 compondo o mapa geológico da região ao norte da cidade de Nazareno (**Anexo I - Mapa geológico**). Em termos gerais, a evolução geológica da área estudada e seus arredores é bastante complexa, envolvendo unidades que ainda não haviam sido estudadas petrograficamente, quimicamente e isotopicamente. Cabe ainda destacar que as rochas em questão encontram-se fortemente alteradas intempericamente, bem como foram intensamente modificadas por zonas de cisalhamento, que condicionaram o desenvolvimento de milonitos. Neste contexto, as unidades estudadas correspondem a:

- 1 – Anfibolitos: ocorrem predominantemente na porção norte do mapa geológico e envolvem diferentes tipos de rochas anfibolíticas, com mineralogia que varia amplamente, principalmente em relação ao conteúdo de plagioclásio, granada e biotita. Também foram incluídas nesta unidade rochas ricas em granada, hornblenda, diopsídio e quartzo, que foram interpretadas como relativas a um protólito de marga rico em  $\text{SiO}_2$  (calciossilicáticas);
- 2 – Metapiroxenito - metagabro Manuel Inácio: este corpo foi designado inicialmente por Toledo (2002) e envolve rochas metaultramáficas e metamáficas tipicamente plutônicas. As rochas metaultramáficas ocorrem como dois corpos isolados na porção nordeste do mapa e correspondem a serpentinitos, clorita e talco xistos, clorititos e anfibolititos. As rochas metagabroicas apresentam distribuição bastante restrita e seus principais afloramentos estão concentrados ao norte das rochas metaultramáficas. Suas amostras apresentam clinopiroxênio (pseudotransformado para anfibólio), plagioclásio e raro quartzo;
- 4 – Ortognaisse monzogranítico Morro do Resende: aflora principalmente na porção central do mapa sob a forma de um corpo alongado com direção NE-SW, o qual é intrusivo nas rochas anfibolíticas através de diques, bem como apresenta xenólitos das mesmas. Suas rochas são hololeucocráticas, monzograníticas, compostas de plagioclásio, microclina, e quartzo, enquanto os principais minerais acessórios correspondem à biotita, magnetita, epidoto, zircão e apatita.
- 5 – Ortognaisse tonalítico Cassiterita: aflora principalmente na porção sudeste da área estudada e é representado por rochas hololeucocráticas a leucocráticas, com foliação anastomosada e composição tonalítica. É composto principalmente por plagioclásio, quartzo, biotita e rara microclina. O corpo em questão já foi estudado na região entre os

vilarejos de Cassiterita e Caburu, apresentando idade Pb-Pb (por evaporação de Pb em monocristais de zircão) de  $2162 \pm 10$  Ma (Ávila *et. al.*, 2003);

- 6 – Quartzo-diorito: ocorre predominantemente na porção nordeste do mapa e em locais pontuais dentro da unidade anfibolítica, apresentando a forma de um corpo alongado segundo a direção NE-SW. Suas rochas são compostas de plagioclásio, hornblenda, quartzo e biotita e quando deformadas são muito semelhantes às rochas anfibolíticas;
- 7 – Metagranitoide: este corpo aflora na porção centro sul da área mapeada e é representado por rocha hololeucocráticas, monzograníticas, com textura porfirítica, onde os fenocristais de feldspato podem atingir até 2 cm de tamanho. É composta por quartzo, microclina, plagioclásio, zircão, allanita, biotita e epidoto. Rochas semelhantes a estas afloram na entrada da estrada para a cidade de Nazareno e foram datadas por U-Pb SHRIMP, apresentando idade de  $2118 \pm 7$  Ma (Campos, 2004).

## 3.2 UNIDADES MAPEADAS

### 3.2.1 GREENSTONE BELT RIO DAS MORTES

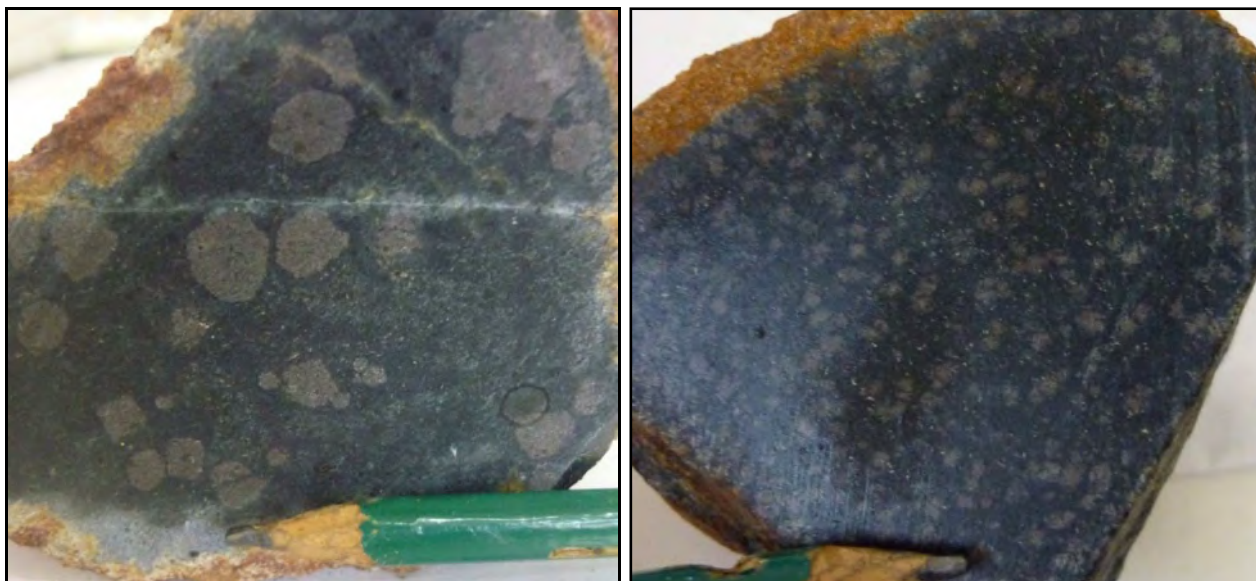
#### 3.2.1.1 ANFIBOLITOS E ROCHAS CALCIOSSILICÁTICAS

As rochas anfibolíticas foram identificadas na porção norte do mapa geológico e ocorrem principalmente ao longo das estradas secundárias, onde os afloramentos são raros e, em geral, estão cercados por blocos desde frescos até bastante alterados. Quando frescas estas rochas apresentam cor preta ou esverdeada e quando alteradas proporcionam a formação de uma capa de coloração desde avermelhada até alaranjada (**Figura 13**), cor observada também nos saprólitos e nos solos. Esta coloração está diretamente relacionada à alteração de minerais ferro-magnesianos, tais como anfibólio, biotita, magnetita e ilmenita.



**Figura 13.** Amostra de mão de rocha anfibolítica mostrando capa de alteração alaranjada e foliação dada pela orientação dos grãos brancos de plagioclásio e anfibólio (Ponto ITF-09).

As rochas anfibolíticas são equigranulares e constituídas predominantemente por hornblenda verde e plagioclásio, enquanto quartzo, pirita, ilmenita e magnetita são mais raros. Granada pode variar amplamente na sua quantidade (desde ausente até cerca de 40% da rocha), bem como na granulação (desde milimétrica até cerca de 2cm) (**Figura 14**).



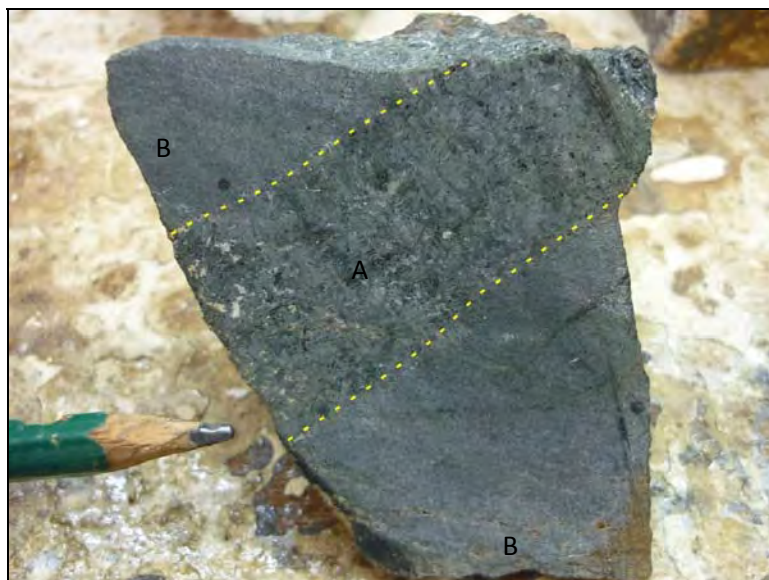
**Figura 14.** Anfibolitos com grãos de granada de tamanho variados e com proporções distintas (Pontos ITF-75 e ITF-73 respectivamente).

Foram incluídas nessa unidade rochas compostas amplamente por granada, anfibólio, piroxênio e quartzo, que foram interpretadas como calciossilicáticas (**Figura 15**). Estas apresentam distribuição restrita em mapa e sempre estão associadas aos anfibolitos. Destaca-se ainda que as rochas anfibolíticas ocorrem como xenólitos no ortogneisse monzogranítico Morro do Resende ou interdigitados com o mesmo, bem como são cortadas por diques de metagranitoides e metagabros, este último interpretado como relacionado ao metapiroxenito-metagabro Manuel Inácio (**Figura 16**).



**Figura 15.** Rocha calciossilicática com granada, hornblenda, piroxênio e quartzo (Ponto ITF-38).

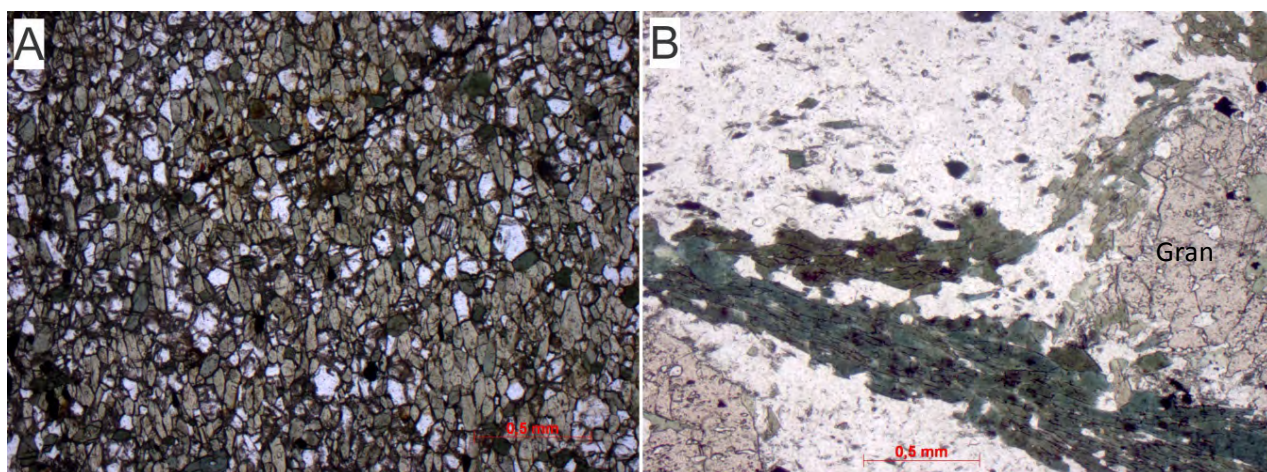




**Figura 16.** Dique de rocha metagabroica (A) cortando anfibolito (B) (Ponto ITF-60).

### 3.2.1.2 PETROGRAFIA

Foram estudadas petrograficamente doze lâminas de anfibolitos (IT02-83, ITF-09A, ITF-09B, ITF-21A, ITF-30, ITF-38, ITF-49, ITF-60B, ITF-72, ITF-73, ITF-74, ITF-75), que em termos gerais são compostas de hornblenda, plagioclásio, quartzo, epidoto, zoisita/clinozoisita, granada, titanita, allanita, apatita, zircão e minerais opacos. Estas rochas tem granulação fina (0,05-0,5mm), são isogranulares e com textura desde lepidoblástica (**Figura 17A**) até granolepidoblástica. Foram também estudadas lâminas de rochas calciossilicáticas, onde a textura predominante é a porfiroblástica, com grãos de granada de até 2 cm (**Figura 17B**).



**Figura 17.** A) Anfibolito fino com textura lepidoblástica (ITF-22E); B) Rocha calciossilicática com textura porfiroblástica representada por matriz composta de hornblenda e plagioclásio com porfiroblastos de granada (ITF-38).

Os anfibolitos são rochas máficas, isogranulares e com foliação marcante, sendo cortadas por diques félsicos com composição tonalítica (**Figuras 18A e 18B**) a granítica.

O anfíbólio nessas rochas apresenta hábito prismático losangular ou estirado, podendo alcançar até 2 cm de comprimento, porém são mais frequentes grãos em torno de 0,2mm. Foram encontrados três tipos de anfíbólio, onde a hornblenda (mais abundante) apresenta pleocroísmo variando de verde claro (**Figura 18C**) a verde piscina, enquanto a actinolita ocorre na borda da hornblenda e apresenta pleocroísmo desde incolor até verde claro. O terceiro tipo de anfíbólio também apresenta pleocroísmo verde claro, formato tabular e cresce preferencialmente truncando a foliação principal, podendo ser considerado como pós-tectônico. A hornblenda apresenta inclusões de zircão e allanita, que ocasionam a formação de halo pleocróico bem como possui *bleb's* de quartzo, formados durante a transformação metamórfica do piroxênio ígneo do protólito para hornblenda, a partir do excesso de SiO<sub>2</sub>.

O plagioclásio também acompanha a foliação da rocha (**Figura 13**), apresenta hábito prismático, forma subédrica, exibindo geminação da periclina, que é geralmente produto de deformação. Encontra-se fortemente alterado para minerais do grupo do epidoto (**Figura 18C**), indicando seu elevado conteúdo em anortita, bem como possui inclusões de apatita submilimétrica prismática. O quartzo é raro, xenoblástico e possui origem associada ao excesso de SiO<sub>2</sub> das transformações metamórficas, bem como pode ser encontrado em veios. O epidoto ocorre em proporções variadas estando principalmente associado ou em paragênese com zoisita/clinozoisita (**Figura 18D**) e também ao redor dos grãos de allanita.

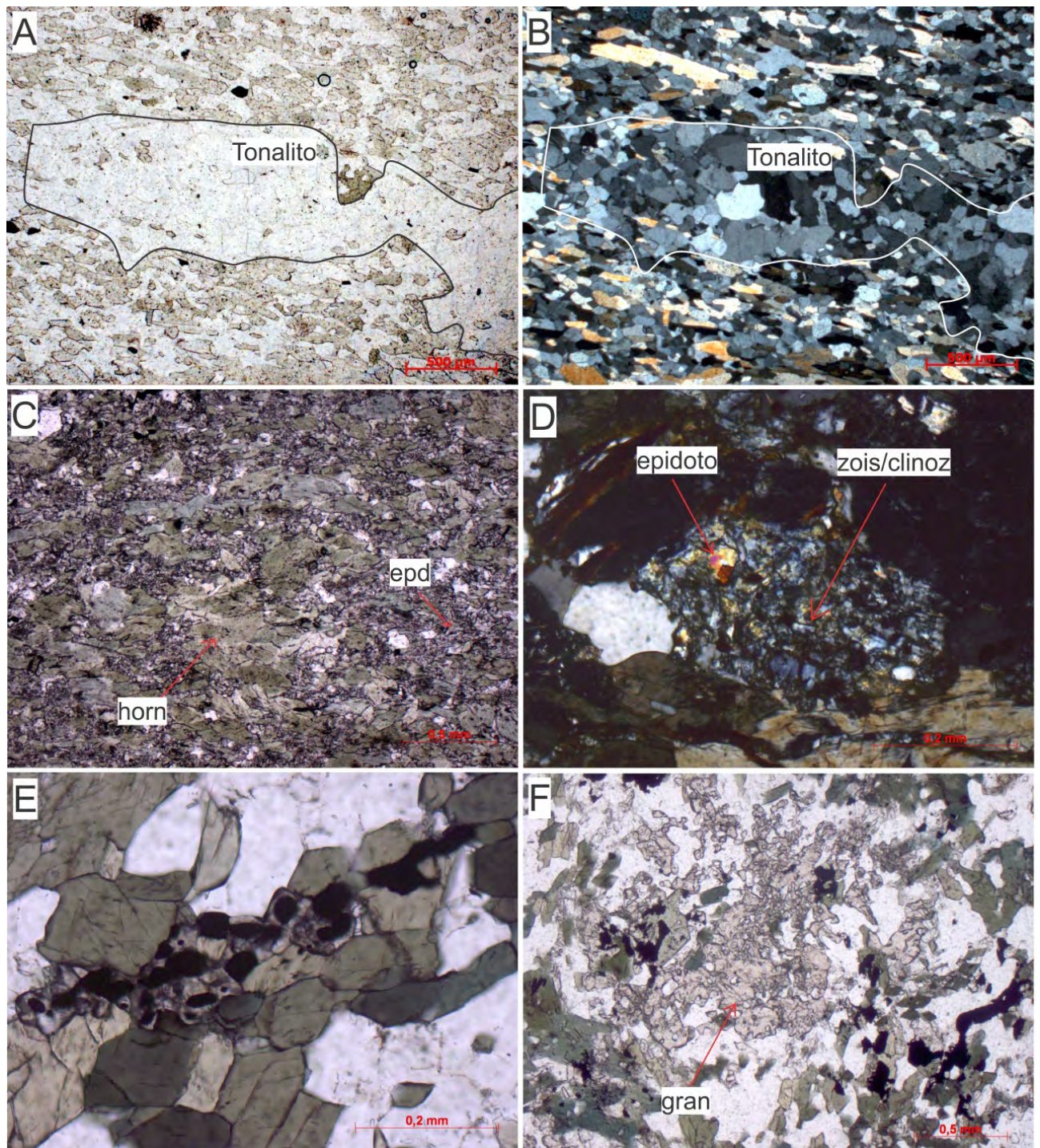
Os minerais opacos possuem forma desde idioblástica a xenoblástica, ocorrem envolvidos por titanita (**Figura 18E**), indicando que corresponderiam a ilmenita ou titanomagnetita.

A biotita apresenta forma desde hipidioblástica até xenoblástica e ocorre substituindo a hornblenda, principalmente a partir das bordas dos grãos. É substituída pela clorita e ocorre associada ao epidoto.

A granada é encontrada em grãos desde milimétricos até centimétricos (porfiroblastos), ocorre associada aos minerais opacos e a hornblenda e apresenta aspecto fragmentado (**Figura 18F**). Pode ser substituída pela clorita, feição típica de metamorfismo retrógrado.

A titanita apresenta forma xenoblástica, tamanho submilimétrico e ocorre ao redor dos minerais opacos (**Figura 18E**) ou ao longo da clivagem da hornblenda. A apatita é frequente nas rochas anfibolíticas, apresenta forma desde euédrica até anédrica circular, tamanho inferior a 0,5mm e ocorre inclusa na hornblenda e no plagioclásio.





**Figura 18.** A e B) Dique de rocha tonalítica cortando anfibolito (ITF-74), NP/NX; C) Plagioclásio fortemente substituído por epidoto e hornblenda verde clara (ITF-09A), NP; D) Epidoto associado a zoisita/clinozoisita (ITF-09B), NP; E) Titanita crescendo ao redor dos minerais opacos (ITF-75), NP; F) Granada com aspecto fragmentado em anfibolito (ITF-73), NP.

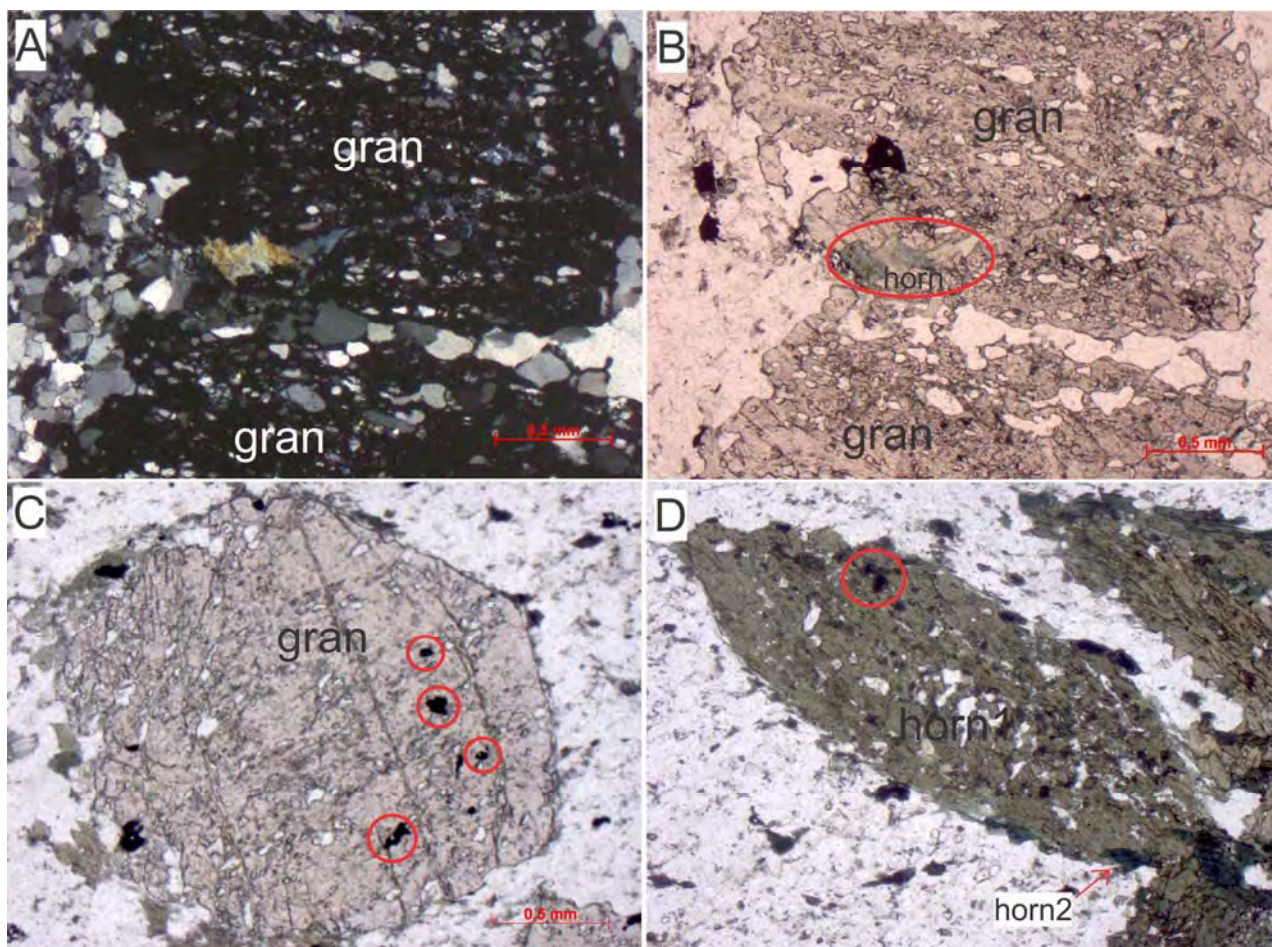
As rochas calciossilicáticas apresentam textura porfiroblástica onde os grãos centimétricos de granada são envolvidos por uma matriz mais fina composta de quartzo, hornblenda, clorita, diopsídio e granada.

A granada varia de idioblástica até xenoblástica e ocorre em porfiroblastos de até 5mm que apresentam inclusões de quartzo, minerais opacos (**Figura 19C**), hornblenda (**Figuras 19A e 19B**) e é substituída pela clorita. O quartzo varia de 0,01mm a 0,4mm, apresenta



extinção ondulante e ocorre como inclusões na granada. Algumas lâminas analisadas são formadas essencialmente por granada e quartzo, como é o caso da amostra IT02-83 (**Figura 19A e 19B**) correspondendo a um possível gondito.

A hornblenda, quando presente, está substituindo o piroxênio, formando pseudomorfos. Esta possui pleocroísmo variando de verde escuro a verde piscina, forma aglomerados com formato facoidal (**Figura 19D**) e apresenta inclusões de minerais opacos. A clorita é mineral traço e está substituindo a hornblenda e a granada.



**Figura 19.** A e B) Grão porfiroblástico de granada envolto por um agregado de cristais menores de quartzo. Destaque para grão de hornblenda em paragênese com a granada (IT02-83), NX/NP; C) Granada com inclusões de minerais opacos. A hornblenda cresce ao redor da granada (ITF-38), NP; D) Agregados facoidais de hornblenda<sub>1</sub> com inclusões de minerais opacos com titanita ao redor. A hornblenda<sub>2</sub> com pleocroísmo verde piscina pode ser ferro-actinolita e está crescendo na borda da hornblenda<sub>1</sub> (ITF-38), NP.

### 3.2.1.3 METAMORFISMO

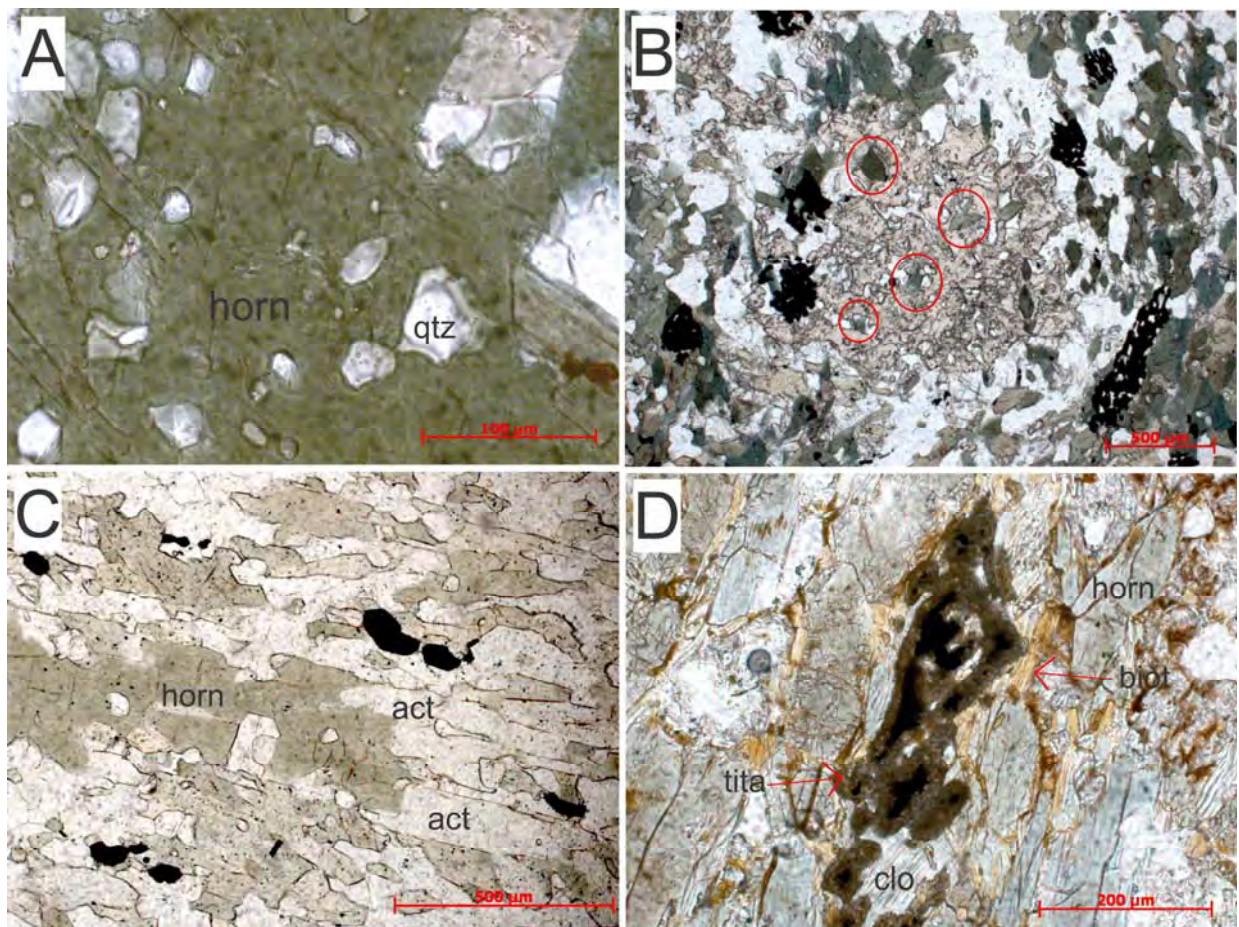
Através da análise petrográfica foram identificadas as seguintes transformações metamórficas:

- 1) Piroxênio substituído integralmente por hornblenda, formando às vezes pseudomorfos onde ocorre preservada a sua geminação simples primária, bem como podem ser formados *bleb's* de quartzo (**Figura 20A**);



- 2) Crescimento de granada envolvendo hornblenda (**Figura 20B**);
- 3) Plagioclásio alterando para minerais do grupo do epidoto (**Figura 18C**);
- 4) Hornblenda sendo substituída nas bordas por actinolita (**Figura 20C**);
- 5) Ilmenita substituída parcialmente ou integralmente por titanita (**Figura 20D**);
- 6) Titanita<sub>2</sub> formada ao longo das clivagens da hornblenda a partir da liberação de TiO<sub>2</sub> desta;
- 7) Biotita substituindo hornblenda (**Figura 20D**);
- 8) Clorita substituindo biotita e granada.
- 9) Formação de anfibólio truncando a foliação.

A partir das reações metamórficas descritas, sugere-se a atuação de pelo menos dois pulsos metamórficos nas rochas anfibolíticas, onde as transformações 1 e 2 seriam típicas de fácies anfibolito inferior, enquanto as transformações 3, 4, 5, 6, 7 e 8 seriam correlatas a um pulso retrógrado, caracterizado como de fácies xisto verde. Em termos regionais, o evento de fácies anfibolito seria correlacionado ao pulso Paleoproterozoico I, enquanto o evento de fácies xisto verde ao pulso Paleoproterozoico II de Ávila *et al.* (2008).



**Figura 20.** A) *Blebs* de quartzo formados durante a transformação de piroxênio para anfibólio (ITF-72), NP; B) Granada crescendo envolvendo hornblenda (circulada em vermelho) (ITF-73), NP; C) Actinolita, com pleocroísmo verde claro a incolor, substituindo a hornblenda (ITF-74), NP; D) Mineral opaco sendo substituído por titanita, bem como biotita e clorita substituindo anfibólio (ITF-09A), NP.

### 3.2.2 METAPROXENITO-METAGABRO MANUEL INÁCIO

Nesta unidade de mapeamento foram reunidas rochas metamáficas e metaultramáficas plutônicas sob a designação de metapiroxenito - metagabro Manuel Inácio proposta por Toledo (2002). As rochas metamáficas são representadas por metagabros (**Figura 21**) e anfibólitos encontrados nas proximidades do sítio Manuel Inácio, enquanto as rochas metaultramáficas por clorita xistos, talco-tremolita xistos e clorititos (**Figura 22**).

#### 3.2.2.1 FEIÇÕES DE CAMPO

Tanto as rochas metamáficas, quanto as metaultramáficas ocorrem principalmente em blocos considerados como “in situ”, onde os mesmos estão muito alterados intempericamente, ocasionando a formação de envoltórias de coloração alaranjada. Não foi possível observar a relação de corte entre as rochas metagabróicas e as metaultramáficas, apesar de ocorrerem próximas uma da outra. Foram observados pequenos corpos pegmatíticos cortando as rochas metaultramáficas, que economicamente seriam interessantes por poderem conter esmeralda.



**Figura 21.** Amostra de um metagabro do conjunto metamáfico do metapiroxenito - metagabro Manuel Inácio (Ponto ITF-54).



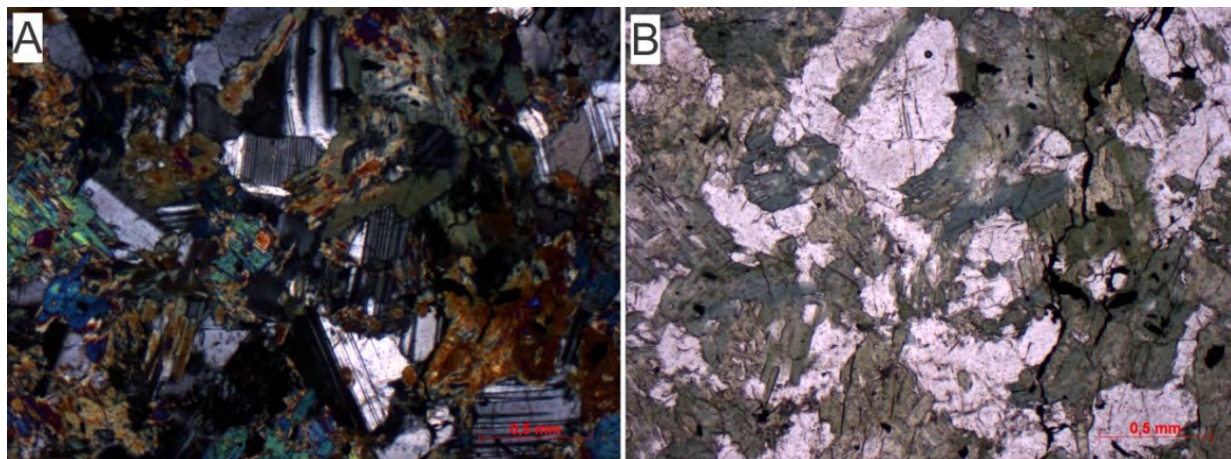
**Figura 22.** Amostra de um cloritito do conjunto metaultramáfico do metapiroxenito - metagabro Manuel Inácio (Ponto ITF-20).



### 3.2.2.2 PETROGRAFIA

Foram analisadas cinco amostras de metagabro (ITF-19, ITF-22C, ITF-22D, ITF-22E e ITF-54) e duas de rochas metaultramáficas (ITF-20A e ITF-20B).

Apesar das rochas gabróicas apresentarem feições metamórficas sobrepostas, foram caracterizadas as texturas intergranular, ofítica ou subofítica preservadas, sendo a textura ofítica de maior distribuição (**Figura 23**).



**Figura 23.** Metagabro Manuel Inácio com textura ofítica, com nicóis cruzados (A) e paralelos (B), preservada apesar da transformação do piroxênio primário em hornblenda (ITF-19).

Os minerais encontrados correspondem a anfibólio (hornblenda<sub>1</sub>, hornblenda<sub>2</sub> e actinolita), além de plagioclásio, minerais opacos, allanita, titanita, quartzo, epidoto e zoisita/clinozoisita.

A hornblenda<sub>1</sub> predomina amplamente, possui forma desde idioblástica até xenoblástica, hábito prismático tabular (**Figura 24A**) ou estirado e tamanho desde 0,8 a 2,0mm. Apresenta pleocroísmo variando de verde escuro (**Figura 24B**) até verde claro e inclusões de zircão e allanita (**Figura 24C**). Sua origem está associada à substituição pseudomórfica de piroxênio, onde certos grãos podem apresentar a geminação típica dos piroxênios preservada (**Figura 24D**), bem como uma núvem de microinclusões de minerais opacos. A hornblenda<sub>1</sub> pode ser substituída pela hornblenda<sub>2</sub>, onde as inclusões de minerais opacos não estão presentes, pela actinolita (**Figura 24F**), pela biotita e pela clorita (**Figura 24C**). A hornblenda<sub>2</sub> possui pleocroísmo verde claro, com hábito losangular e está concentrada nas bordas da hornblenda<sub>1</sub> (**Figura 24B**). A actinolita é menos frequente, possui pleocroísmo incolor a verde claro e está substituindo a hornblenda<sub>1</sub> e hornblenda<sub>2</sub> (**Figura 24F**).

O plagioclásio ocorre em cristais euédricos, tabulares, com tamanho variando de 0,8 a 2,5 mm e encontra-se alterado principalmente para minerais do grupo do epidoto e, mais raramente para sericita. Apresenta feições típicas de deformação como grãos curvados (**Figura 24G**), recristalizados ou com geminação polissintética complexa.

O quartzo ocorre de forma dispersa e não chega a compor 5% da rocha, estando associado ao excesso de SiO<sub>2</sub> nas reações metamórficas, como no caso dos *bleb's* formados durante a transformação do piroxênio para hornblenda (**Figura 24E**). A zoisita/clinozoisita é encontrada em grãos muito pequenos, idioblásticos a hipidioblásticos e está associada à transformação metamórfica do plagioclásio.

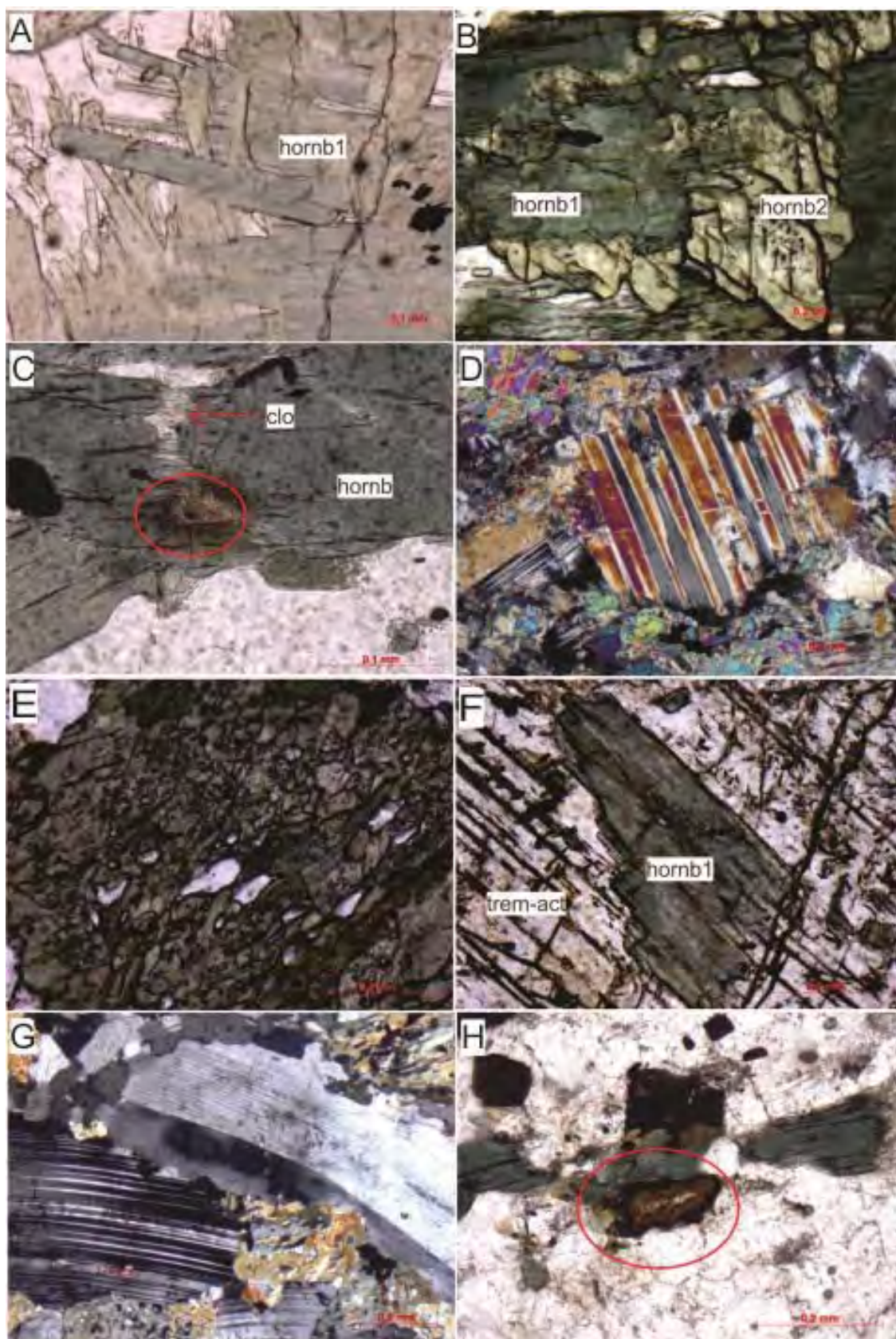
A allanita é subédrica, submilimétrica, pode estar zonada (**Figura 24H**) e ocorre como inclusão na hornblenda (**Figura 24C**). A titanita é rara, apresenta forma hipidioblástica e tamanhos em torno de 0,2 mm. Os minerais opacos ocorrem normalmente em proporção restrita, (podem chegar a até 5% da rocha). Possuem forma alongada e/ou retangular podem apresentar epidoto, zoisita e titanita ao seu redor.

Destaca-se que algumas rochas metagabróicas podem, quando associadas a zonas de cisalhamento, apresentar granulação fina com os grãos de hornblenda de faces poligonizadas, preservando grãos maiores remanescentes de uma textura ígnea anterior mais grossa. Isso acontece com a lâmina ITF-22E, onde um antigo fenocristal de plagioclásio está preservado em meio uma matriz fina (**Figura 25**).

As rochas metaultramáficas (amostras ITF-20A e ITF-20B) correspondem a clorititos, podem estar percoladas por óxidos e hidróxidos de ferro e são compostas por clorita e minerais opacos. A clorita nestas amostras é idioblástica, com tamanho variando de 0,5 a 1,5 mm e segue a direção da foliação (**Figura 26A**). Os minerais opacos são encontrados em duas gerações, sendo uma primária com minerais alongados em forma de ripas tabulares ou com formas mais quadráticas (**Figura 26B**), e outra metamórfica com minerais opacos anédricos e granulação muito fina normalmente dentro da clorita.

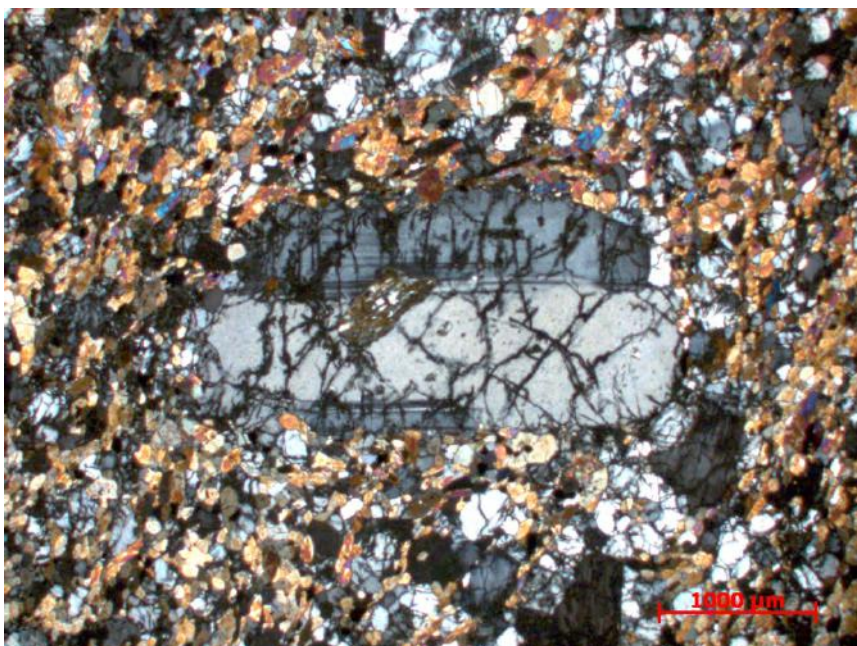
Foi possível observar nestas amostras a presença de uma clivagem de crenulação (**Figura 26C**), bem como microdobras (**Figura 26D**) nos grãos de clorita. Sugere-se que o protólito dos clorititos corresponderia a ortopiroxenitos devido a ausência de serpentina (antiga olivina) e de anfibólio (antigo clinopiroxênio) nos mesmos.



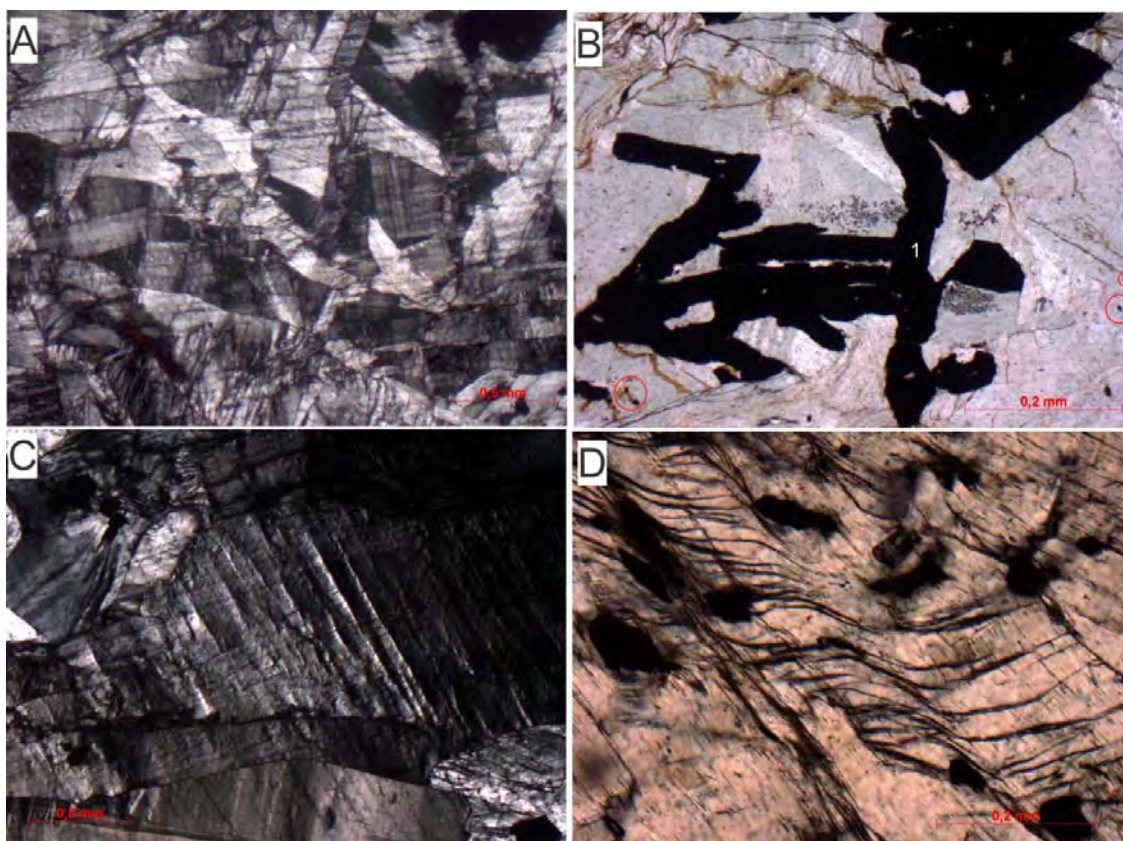


**Figura 24.** A) Grão de hornblenda<sub>1</sub> tabular com pleocroísmo verde e inclusões de opacos (ITF-19), NP; B) Hornblenda<sub>1</sub> sendo substituída por hornblenda<sub>2</sub> (ITF-22C), NP; C) Hornblenda com inclusão de allanita e crescimento de clorita nas bordas (ITF-22C), NP; D) Geminação polissintética em anfibólio, possivelmente remanescente de um piroxênio (ITF-54), NX; E) *Bleb's* de quartzo em hornblenda (ITF-22D), NP; F) Tremolita - Actinolita crescendo ao redor de hornblenda (ITF-22D), NP; G) Plagioclásio deformado, com geminação curvada (ITF-22C), NX; H) Allanita subédrica com zoneamento (ITF-22C), NP.





**Figura 25.** Rocha gabróica metamorfozada, preservando pórfiro de plagioclásio geminado enquanto os demais estão recrystalizados e com tamanhos menores (ITF-22E).



**Figura 26.** **A)** Cloritito formado quase que exclusivamente por clorita (ITF-20B), NX; **B)** Mineral opaco tabular primário e opaco anédrico (circulado em vermelho) (ITF-20B), NP; **C)** Clorita com microdobramento (ITF-20A), NX; **D)** Clorita com clivagem de crenulação (ITF-20A), NP.

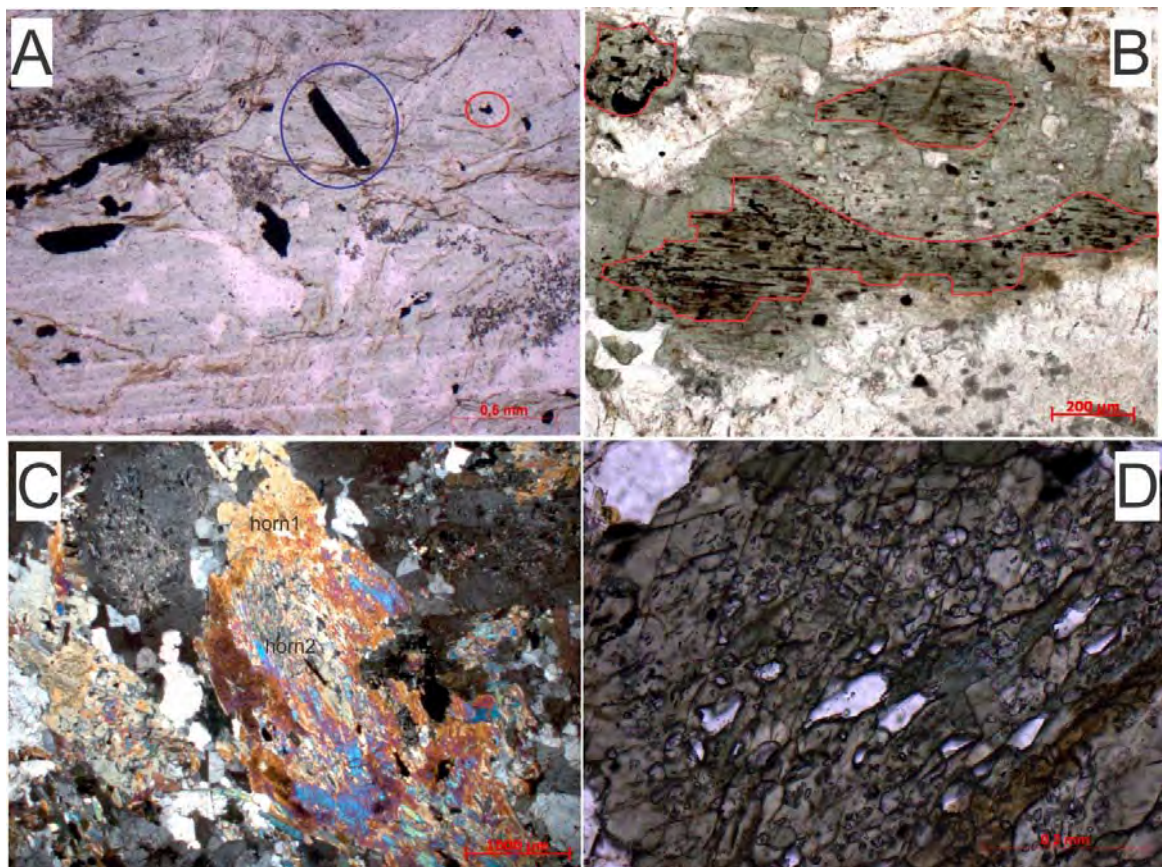
### 3.2.2.3 METAMORFISMO

A partir do estudo petrográfico foram identificadas as seguintes transformações metamórficas:



- 1) Formação de clorita substituindo ortopiroxênio nas rochas metaultramáficas;
- 2) Formação de minerais opacos secundários junto com os grãos de clorita nas mesmas **(Figura 27A)**;
- 3) Presença de microinclusões de minerais opacos (provavelmente ilmenita) na hornblenda<sub>1</sub> **(Figura 27B)** formadas a partir da exsolução do Ti do antigo grão de piroxênio nas rochas megabréicas;
- 4) Transformação da hornblenda<sub>1</sub> em hornblenda<sub>2</sub> **(Figuras 27C)** nas rochas metagabréicas com formação de *bleb's* de quartzo **(Figura 27D)**;
- 5) Substituição do piroxênio ígneo dos metagabros por hornblenda<sub>1</sub>;
- 6) Transformação da hornblenda em actinolita **(Figura 24F)**;
- 7) Transformação do plagioclásio em minerais da família do epidoto;
- 8) Substituição dos minerais opacos das rochas gabréicas por titanita

A partir dos dados petrográficos das rochas metaultramáficas e matamáficas do metapiroxenito-metagabro Manuel Inácio é possível de se sugerir que as transformações 1, 2, 3, 4 e 5 estariam relacionadas a um pulso metamórfico de fácies anfibolito, enquanto as reações 6, 7 e 8 a um pulso metamórfico retrógrado de fácies xisto verde.



**Figura 27.** A) Mineral opaco primário alongado e com forma tabular retangular (circulado em azul) e mineral opaco metamórfico (circulado em vermelho) presente dentro da clorita com forma xenoblástica (ITF-20B), NP; B) Hornblenda<sub>1</sub> com inclusões de opacos envolvida e substituída por hornblenda<sub>2</sub>, sem inclusões (ITF-54), NP; C) Hornblenda<sub>1</sub> sendo substituída por hornblenda<sub>2</sub>, recrystalizada (ITF-19), NX; D) *Bleb's* de quartzo em hornblenda (ITF-22D), NP.

### 3.2.4 ORTOGNAISSE MONZOGRAFÍTICO MORRO DO RESENDE

#### 3.2.4.1 FEIÇÕES DE CAMPO

As principais exposições do ortogneisse monzogranítico Morro do Resende estão relacionadas a grandes lajedos presentes nas cristas de morros e a blocos de grande proporção, que podem estar isolados ou não (**Figura 28**). O saprólito e o solo oriundo da alteração das rochas desta unidade apresentam coloração avermelhada (**Figura 28**), assemelhando a aquele observado a partir da alteração das rochas anfíbolíticas. Porém a principal diferença entre estes está relacionada à presença de grande quantidade de quartzo tanto no saprólito, quanto no solo do ortogneisse monzogranítico Morro do Resende.



**Figura 28.** Exposição do ortogneisse monzogranítico Morro do Resende em um bloco de grande dimensão, associado à um voçorocamento no ponto ITF-13, onde é possível de se observar a cor avermelhada do solo associado ao mesmo.

O posicionamento estratigráfico do ortogneisse monzogranítico Morro do Resende em relação às rochas anfíbolíticas é bastante claro, onde diques do mesmo são intrusivos de forma tanto concordante, quanto discordante a foliação presente nas rochas anfíbolíticas, inclusive apresentando xenólitos destas. Também foi observada a presença de interdigitação entre estas duas unidades, tanto em nível de afloramento, quanto em nível de mapa (**Anexo I - Mapa geológico**).

As rochas deste corpo são cortadas por zonas de cisalhamento destrais e sinistrais com direção NW-SE e NE-SW, onde se observa a presença de agregados de grãos de biotita e epidoto, que podem apresentar aspecto anostomosado ou, em alguns casos, lenticular. Sugere-se que parte dos agregados ricos em biotita corresponderiam a xenólitos das rochas anfíbolíticas do *greenstone belt* Rio das Mortes.



As rochas do ortogneisse monzogranítico Morro do Resende apresentam foliação metamórfica que é marcada pela orientação dos grãos de quartzo e feldspato (que em geral aparecem agrupados e formando “fitas”), bem como pela escassa biotita. Em termos gerais, suas rochas apresentam granulação fina, variam de hololeucocráticas a leucocráticas (**Figura 29**), índice de cor entre 2 e 15% e são constituídas por quartzo e feldspato, tendo como minerais acessórios magnetita, biotita e granada, enquanto titanita, sericita, epidoto, zoisita e clinozoisita são minerais secundários. Destaca-se que os grãos de magnetita são euédricos, variam de tamanho entre 0,5 e 2 mm e são responsáveis pela formação de uma capa de alteração de cor avermelhada. A presença deste mineral em grãos maiores foi considerada como um aspecto importante para a identificação em campo das rochas desta unidade.



**Figura 29.** Amostra de mão típica do ortogneisse monzonítico Morro do Resende mostrando seu caráter hololeucocrático e a presença de grãos de magnetita, circulados em vermelho (Ponto ITF-20).

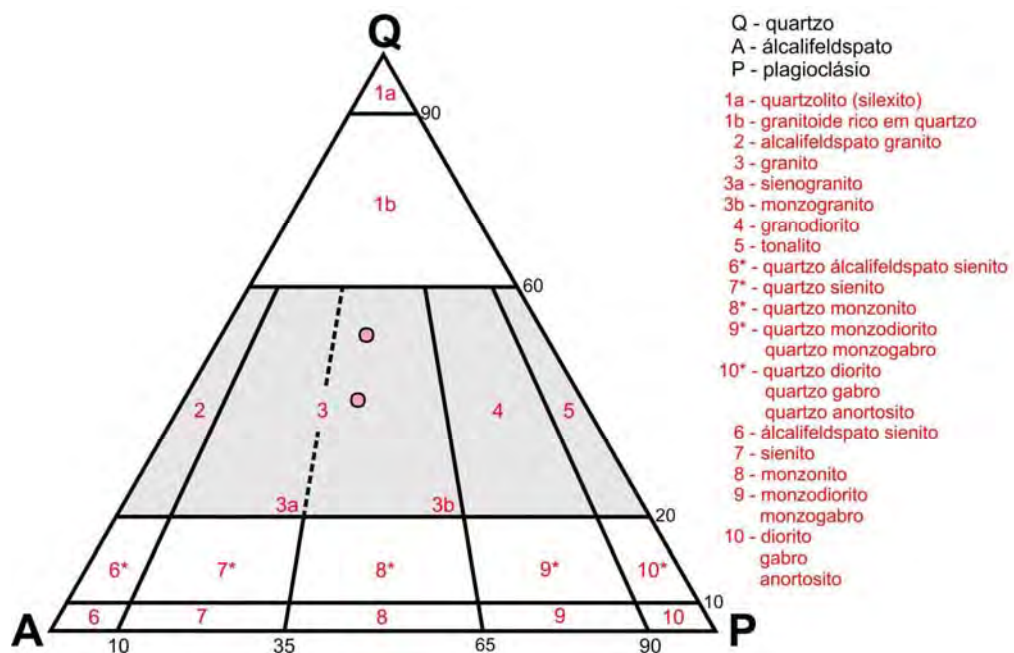
#### 3.2.4.2 PETROGRAFIA

Foram estudadas duas amostras de rochas desta unidade (IT01-01 e IT01-46E), que são compostas por quartzo, plagioclásio, microclina, biotita, allanita, zircão, apatita, minerais opacos, granada, epidoto, zoisita, clinozoisita, titanita, clorita e sericita (**Tabela 6**) e que plotam no diagrama QAP no campo dos monzogranitos (**Figura 30**).

As rochas do ortogneisse monzogranítico Morro do Resende variam de hololeucocráticas a leucocráticas, apresentam granulação em geral variando de fina a média e textura isogranular (**Figura 31A**). Destaca-se a presença de aglomerados de biotita + epidoto + minerais opacos + titanita + clorita, que poderiam corresponder a xenólitos de rochas anfíbolíticas transformadas (**Figura 31F**).

**Tabela 6.** Porcentagem dos minerais presentes nas amostras analisadas do ortogneisse monzogranítico Morro do Resende.

Amostra	Quartzo	Plagioclásio	Microclina	Biotita	Granada	Epidoto/Clinozoisita	Opaco	Allanita	Clorita	Zircão	Apatita	Titanita	Sericita
IT01-01	42%	18%	22%	4%	1%	8%	5%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	0%	< 1%
IT01-46E	34%	21%	26%	5%	0%	9%	3%	2%	0%	< 1%	0%	< 1%	< 1%



**Figura 30.** Diagrama QAP (Streckeisen, 1976) para as amostras do ortogneisse monzogranítico Morro do Resende.

A microclina e o plagioclásio são subédricos, normalmente apresentam tamanho entre 0,5 e 1,0 mm e bordas com o crescimento de epidoto e sericita marcando o contorno dos grãos. Possuem inclusões de allanita, apatita e zircão. O quartzo está recrystalizado pela ação da deformação, com extinção ondulante e contatos poligonais.

A biotita varia de subédrica a anédrica, é substituída pela clorita, ocorre recrystalizada em grãos submilimétricos e não costuma corresponder a mais que 5% da rocha. Seu pleocroísmo varia de verde escuro a verde claro, típico em fácies de mais baixo grau metamórfico. Geralmente forma aglomerados com os minerais opacos, titanita e epidoto (**Figura 31B**).

A allanita é euédrica, zonada, possui tamanho bastante variado desde 0,05 a 0,4 mm e normalmente apresenta sobrecrecimento de epidoto (**Figuras 31C**). O zircão e a apatita são euédricos, ocorrem em minúsculos grãos e em geral estão inclusos na biotita e no feldspato.

Os minerais opacos não foram discriminados em lâmina, porém em campo foi constatada a presença de magnetita. Estes possuem formas quadrangulares, variam desde 3 até 5%, apresentam dimensões que podem atingir até 3,0mm e ocorrem associados a biotita, titanita, epidoto e clorita (**Figuras 31D**).

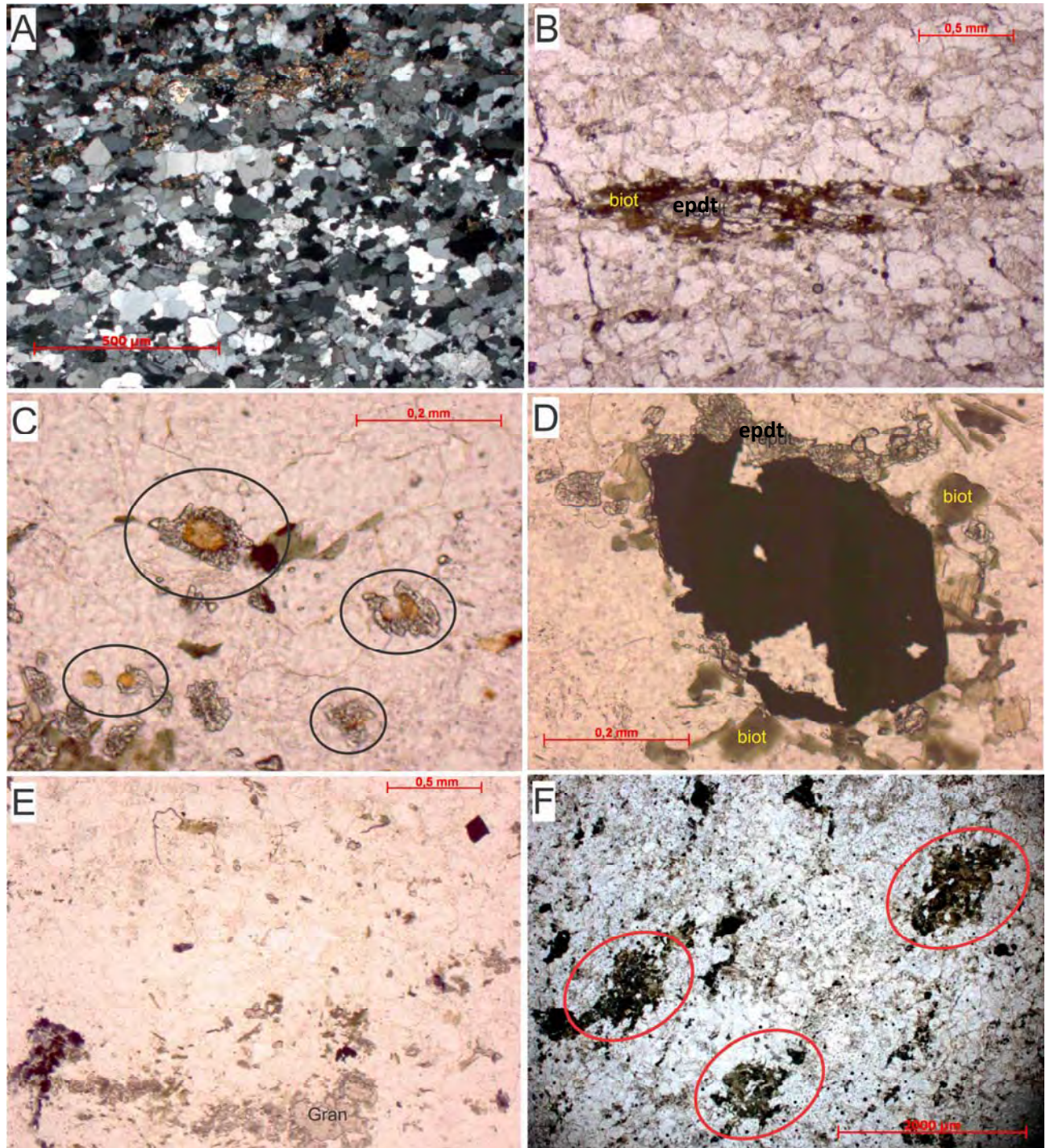
A granada é um mineral acessório, apresenta formato arredondado, tamanho de cerca de 0,5mm e encontra-se muito fragmentada por efeito deformacional (**Figura 31E**).

O epidoto, a zoisita e a clinozoisita ocorrem em grãos desde idioblásticos a hipidioblásticos, com formas alongadas, tamanho inferior a 0,05mm ou em grãos hipidioblásticos de até 0,2 mm dispersos na rocha. Normalmente estão associados a biotita,



minerais opacos e titanita formando aglomerados, ou no caso do epidoto, envolvendo os grãos de allanita (**Figura 31C**). Ocorrem também substituindo o plagioclásio.

A clorita está associada à substituição da biotita, enquanto a sericita a substituição do plagioclásio. Na amostra IT01-46E ocorrem pequenos aglomerados máficos compostos por biotita, epidoto e quartzo (**Figura 31F**), que podem corresponder a xenólitos de rochas anfibolíticas parcialmente digeridos.



**Figura 31.** **A)** Textura isogranular típica do ortogneisse (IT01-01); **B)** Biotita em paragênese com epidoto metamórfico (IT01-46E); **C)** Crescimento de epidoto ao redor da allanita primária (IT01-01); **D)** Mineral opaco com crescimento posterior de epidoto e biotita (IT01-01); **E)** Granada de aspecto fragmentado (IT01-01); **F)** Aglomerados máficos considerados micro-xenólitos (IT01-46E).

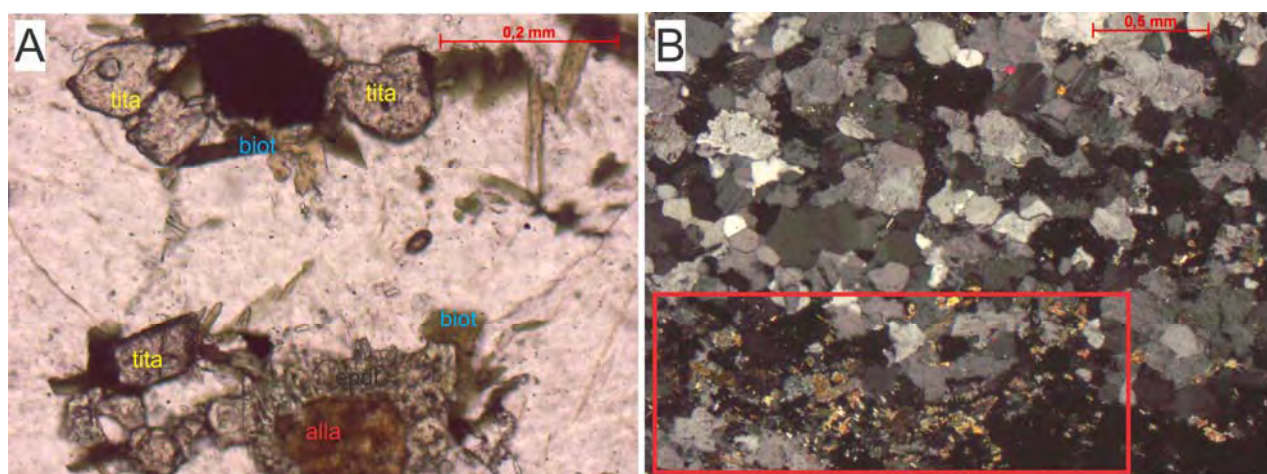


### 3.2.4.3 METAMORFISMO

A análise de metamorfismo em granitóides é complexa, no entanto foram identificadas as seguintes transformações metamórficas nessas rochas:

- 1) Paragênese formada por allanita primária, biotita e epidoto secundários (**Figura 32A**);
- 2) Titanita formada a partir dos minerais opacos (**Figura 32A**);
- 3) Alteração da biotita para clorita, típica em reações retrometamórficas de baixo grau;
- 4) Sericitização e epidotização do plagioclásio (**Figura 32B**).

A partir das transformações minerais observadas sugere-se que as rochas do ortogneisse monzogranítico Morro do Resende foram metamorfisadas em fácies xisto verde.



**Figura 32.** A) Paragênese metamórfica, titanita+biotita+epidoto crescendo ao redor do opaco e da allanita (IT01-46D); B) Retângulo vermelho destacando a área em que ocorre epidotização e sericitização do plagioclásio (IT01-01).

### 3.2.5 ORTOGNAISSE TONALÍTICO CASSITERITA

As rochas da unidade em questão foram estudadas por Ávila *et al.* (2003) a oeste da área mapeada e cobrem uma área de 300 km<sup>2</sup> nas folhas São João del Rei e Nazareno. As rochas do ortogneisse tonalítico Cassiterita, cuja idade mínima de cristalização (Pb-Pb por evaporação em monocrystal de zircão (é de  $2162 \pm 10$  Ma, Ávila *et al.*, 2003), são cortadas por injeções de corpos graníticos correlacionáveis ao granitóide Ritápolis com idade mínima de cristalização por evaporação de Pb em monocrystal zircão de  $2.121 \pm 7$  Ma (Ávila *et al.*, 1998). As análises químicas mostram elevados teores de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Na<sub>2</sub>O e baixas concentrações de MgO, FeO<sub>total</sub> e K<sub>2</sub>O, o que reflete na escassez de minerais ferromagnesianos e de feldspato potássico (Ávila *et al.*, 2003).

### 3.2.5.1 FEIÇÕES DE CAMPO

As rochas deste corpo ocorrem em pequenos lajedos na porção leste da área mapeada, predominando as exposições a partir de blocos muito alterados intempericamente. Foram observados em dois locais a presença de rochas metaultramáficas dentro do ortogneisse Cassiterita, as quais foram interpretadas como xenólitos.

A sua mineralogia é representada por plagioclásio, quartzo, raro feldspato potássico, biotita, allanita, magnetita, pirita, epidoto e titanita. Suas rochas são comumente cortadas por microzonas de cisalhamento que concentram biotita, predominando nas mesmas uma foliação anastomosada, granulação média e índice de cor entre 8 e 11%.

A foliação ( $S_n$ ) nestas rochas é bem marcada pela orientação dos grãos de biotita (**Figura 33**) com mergulho de  $30^\circ$  -  $70^\circ$  para NW ou SE, podendo, entretanto apresentar caimento E-W.



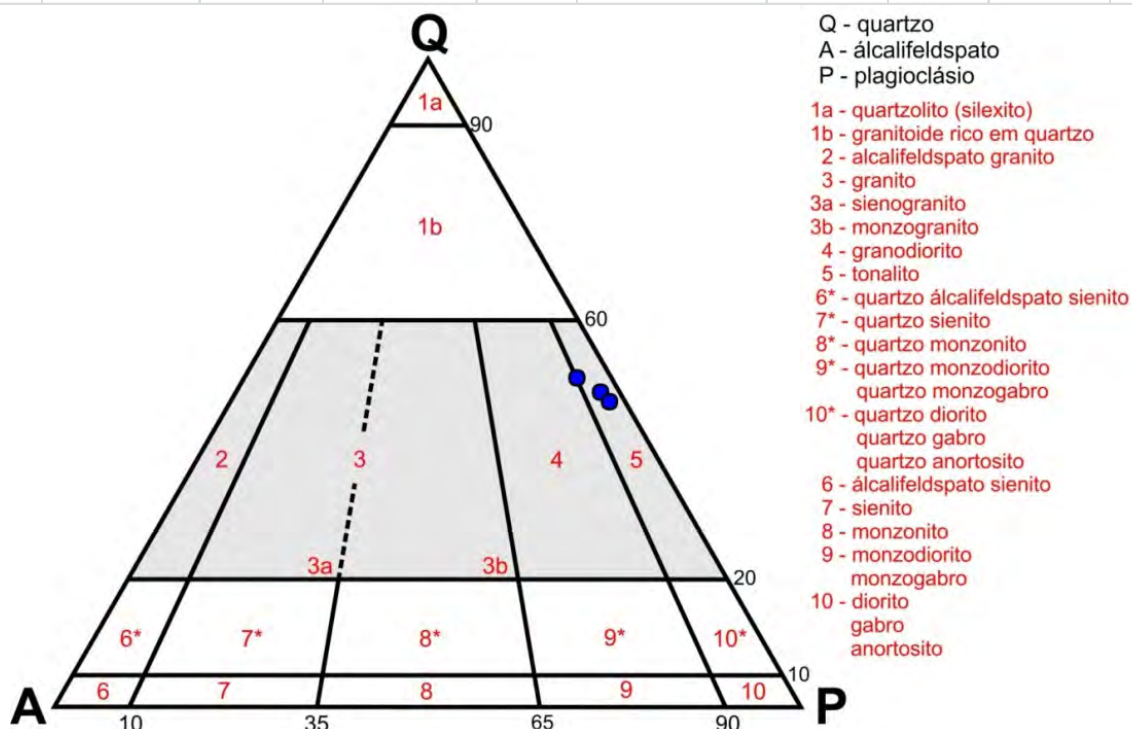
**Figura 33.** Aspecto de campo do ortogneisse tonalítico Cassiterita, com foliação marcada pela orientação de biotita (Ponto IT02-03).

### 3.2.5.2 PETROGRAFIA

Nesta unidade foram descritas as lâminas IT02-03A, IT02-61A e IT02-134. A **Tabela 7** expressa a contagem modal dos minerais presentes, coincidindo com o caráter tonalítico (**Figura 34**) apontado por Ávila (2000) e Ávila *et al.*(2003).

**Tabela 7.** Porcentagem dos minerais encontrados nas lâminas IT02-03A, IT02-61A e IT02-134 pertencentes a unidade ortogneisse tonalítico Cassiterita.

Amostra	Plagioclásio	Quartzo	Microclina	Biotita	Epidoto/Zoisita	Allanita	Clorita	Titanita	Opacos
IT02-03A	40%	45%	4%	4%	5%	< 1%	2%	< 1%	< 1%
IT02-61A	46%	42%	2%	5%	3%	1%	1%	< 1%	< 1%
IT02-134	44%	43%	2%	6%	5%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%



**Figura 34.** Diagrama QAP (Streckeisen, 1976) com as amostras pertencentes ao ortogneisse Cassiterita.

As rochas do ortogneisse tonalítico Cassiterita variam de hololeucocrática a leucocráticas, apresentam textura equigranular à inequigranular seriada (**Figuras 35A e 35B**) e granulação entre 0,5-3,2mm.

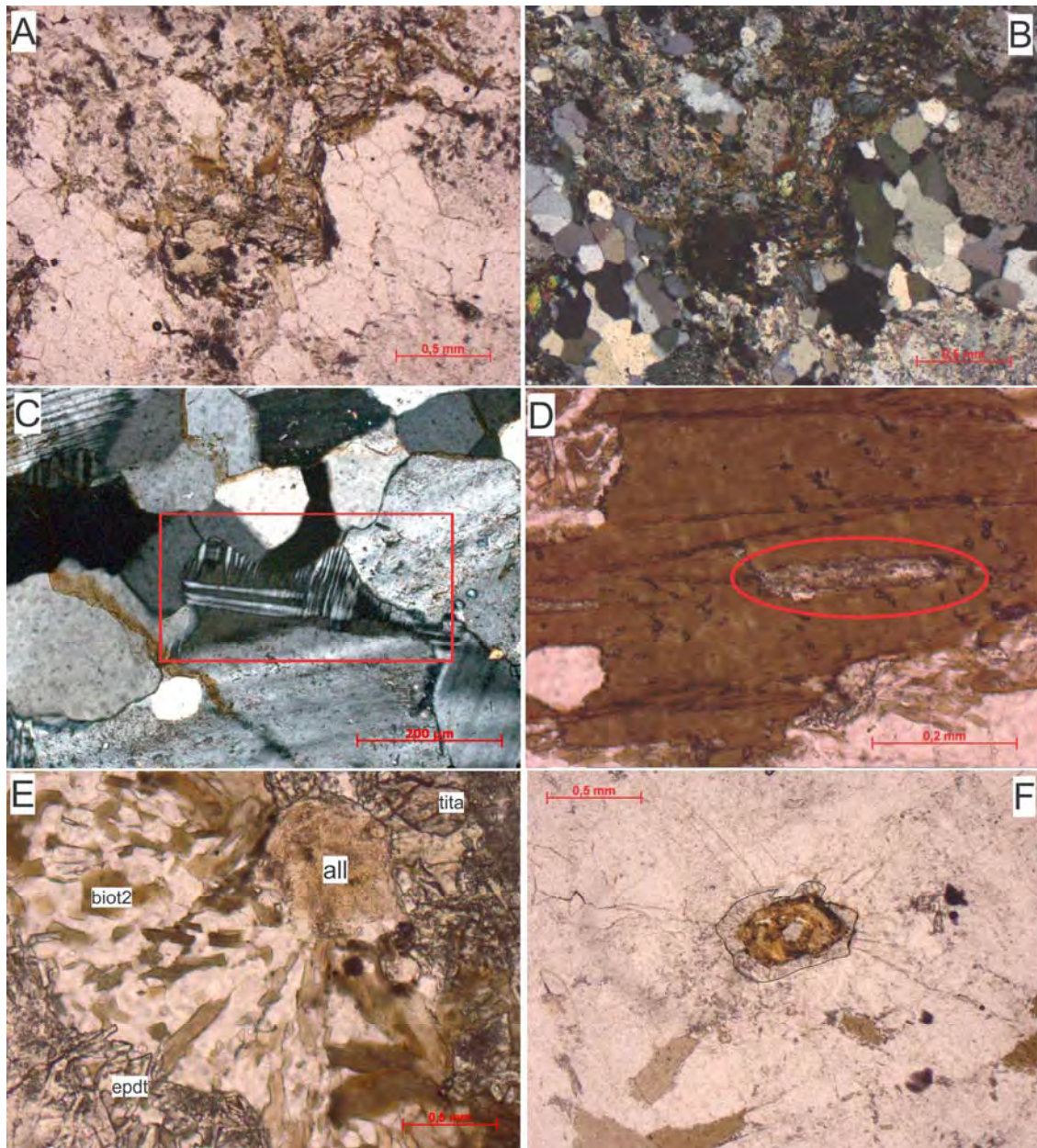
O plagioclásio apresenta forma euédrica, tamanho entre 0,5 e 3,0mm e encontra-se alterado para sericita e epidoto. O quartzo ocorre em grãos anédricos, deformados, com extinção ondulante e, mais restritamente com contatos poligonizados. A microclina é rara, anédrica e preenche os espaços entre os grãos de plagioclásio (**Figura 35C**).

A biotita<sub>1</sub> ígnea é subédrica, seu tamanho pode alcançar até 2,3 mm, possui pleocroísmo variando de marrom a verde claro e inclusões de allanita. Pode apresentar titanita ao longo das suas clivagens (**Figura 35D**) e altera para clorita. A biotita<sub>2</sub> varia de hipidioblástica a xenoblástica, é sempre menor que 0,5mm e pode formar aglomerados com epidoto, allanita e titanita (**Figura 35E**).

A allanita é euédrica, possui granulação máxima de 0,8mm e apresenta minerais do grupo do epidoto ao seu redor (**Figura 35F**). O epidoto varia de xenoblástico a idioblástico,



possui granulação entre 0,08 e 0,7 mm e está associado à biotita ou decorrente de alteração do plagioclásio.



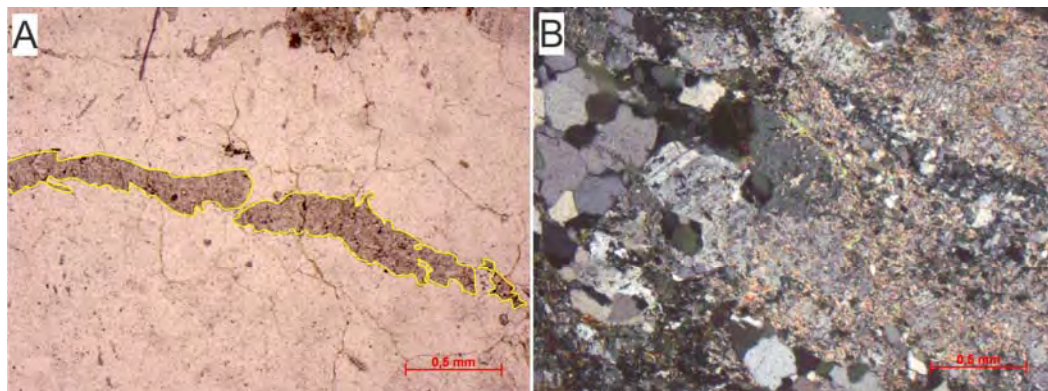
**Figura 35.** **A e B)** Visão geral do ortogneisse Cassiterita (IT02-61A), NP/NX; **C)** Microclina intersticial entre grãos de quartzo e plagioclásio (IT02-03A); **D)** Titanita presente ao longo da clivagem da biotita (IT02-134), NP; **E)** Aglomerado de minerais máficos como titanita, epidoto e biotita anédrica com disposição radial ao redor da allanita (IT02-134), NP/NX; **F)** Allanita euédria com crescimento radial de epidoto (circulado em preto) (IT02-134), NP.

### 3.2.4.3 METAMORFISMO

As transformações metamórficas ocorridas no ortogneisse tonalítico Cassiterita são muito semelhantes às que ocorreram no ortogneisse Morro do Resende devido a sua mineralogia ser também semelhante:

- 1) Paragênese formada por allanita primária, biotita, titanita e epidoto secundários (Figuras 35E e 35F);

- 2) Ilmenita envolvida por titanita;
- 3) Presença de veios de epidoto (**Figura 36A**);
- 4) Sericitação (**Figura 36B**) e epidotização do plagioclásio.



**Figura 36.** A) Veio de epidoto no ortognaisse Cassiterita (IT02-03A); B) Plagioclásio sericitizado (IT02-61A).

### 3.2.5 QUARTZO-DIORITO

Rochas quartzo-dioríticas já haviam sido identificadas e descritas por Toledo (2002) e Ávila (2000) nas proximidades da área de estudo. Tratam-se de corpos lenticulares, de orientação NE-SW, limitados por zonas de cisalhamento de caráter dúctil, que neste caso modificam sua aparência textural e mineralógica. As rochas são cortadas por corpos graníticos e pegmatíticos, apresentando xenólitos de anfibolito, gndito, metapiroxenitos cumuláticos e metagabros (Toledo, 2002). A mineralogia identificada nessas rochas por Toledo (2002), quando não milonitizadas, é composta por plagioclásio, hornblenda, quartzo, biotita, actinolita, clorita, epidoto, carbonatos, titanita, apatita, allanita e opacos, com foliação de fluxo vista em fenocristais de plagioclásio.

#### 3.2.5.1 FEIÇÕES DE CAMPO

Essas rochas se concentram na parte oeste da área de mapeamento (**Anexo I – Mapa Geológico**) e subordinadamente, como blocos soltos em meio as rochas da sequência anfibolítica e no ponto ITF-01, onde ocorrem milonitizadas em uma zona de cisalhamento. Os blocos caracterizados como dentro da sequência anfibolítica não puderam ser individualizados como um corpo mapeável, porém saprólito e solo são avermelhados e semelhantes do anfibolito, diferenciando-se dos mesmos pela presença de quartzo. As rochas dioríticas quando metamorfasadas tornam-se quartzo-anfibolitos, o que pode dificultar a sua diferenciação em relação a unidade anfibolíticas. No entanto os dioritos possuem maior porcentagem de quartzo (7–18%) do que os anfibolitos.



Os dioritos são rochas melanocráticas, equigranulares de granulação fina a média, compostas principalmente por plagioclásio, quartzo e hornblenda (**Figura 37**). A foliação nessas rochas é incipiente e marcada pela orientação do plagioclásio, sua atitude é 327/55, com lineação mergulhando 40° para NE.



**Figura 37.** Amostra de mão de quartzo-diorito (Ponto ITF-01N).

### 3.2.5.2 PETROGRAFIA

Foram coletadas nove amostras relativas a esta unidade que se estão ilustradas na **Tabela 8** abaixo, enquanto a **Tabela 9** expressa a porcentagem de minerais encontrados em sete delas:

**Tabela 8.** Relação das amostras da unidade Quartzo-diorito.

IT01-71	IT01-73	IT02-64	ITF-21B	ITF-21C
ITF-31	ITF-63A	ITF-63B	ITF-69	

**Tabela 9.** Porcentagem dos minerais encontrados nas amostras acima da unidade quartzo-diorito.

Amostra	Hornblenda	Plagioclásio	Quartzo	Epidoto/Zoisita	Biotita	Opaco	Titanita	Allanita	Clorita
IT01-71	33%	29%	12%	15%	6%	5%	< 1%	< 1%	0%
IT01-73	40%	23%	18%	9%	9%	< 1%	< 1%	1%	0%
IT02-64	10%	37%	8%	12%	33%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%
ITF-21B	35%	31%	28%	2%	< 1%	3%	< 1%	1%	0%
ITF-21C	37%	30%	25%	5%	< 1%	2%	< 1%	1%	0%
ITF-31	9%	36%	26%	7%	20%	2%	< 1%	0%	< 1%
ITF-69	55%	28%	8%	6%	0%	2%	1%	0%	0%

As amostras do ponto ITF-63 não estão incluídas na tabela de contagem modal, pois apresentam uma feição incomum descrita mais detalhadamente abaixo. Petrograficamente o quartzo-diorito possui textura equigranular ou inequigranular seriada, podendo ser fina ou média (**Figuras 38A e 38B**). Quando submetidos a zonas de cisalhamento transcorrentes adquirem textura protomilonítica a milonítica.

A hornblenda apresenta pleocroísmo verde claro a verde escuro, pode estar orientada ou não segundo a foliação principal da rocha. O tamanho dos grãos pode alcançar até 2,5 mm quando fora de zonas de cisalhamento. São identificados cristais de origem ígnea que quando submetidos ao metamorfismo e deformação são fragmentados em cristais menores (**Figura 38C**) e sobrecrecidos por cristais metamórficos. Ocorrem associadas à titanita, epidoto, zoisita/clinozoisita, allanita e opacos.

A biotita cresce associada aos cristais de hornblenda (**Figura 38D**), possui pleocroísmo marrom a verde claro. A clorita aparece substituindo as bordas da biotita. A biotita aparece associada a outros minerais ferromagnesianos como epidoto e titanita.

O epidoto é anédrico com tamanhos menores e hábito alongado. São de origem metamórfica e cresce circundando minerais máficos.

Os cristais de plagioclásio podem estar orientados, mas a foliação da rocha é marcada principalmente pelos grãos de hornblenda. O plagioclásio possui geminação polissintética com mica branca e epidoto preenchendo defeitos na rede cristalina (**Figura 39A**), e seu tamanho variam de 0,3 até 2,0 mm. O quartzo possui extinção ondulante e está recrystalizado devido a ação da deformação.

A allanita é euédrica, ocorre inclusa no anfibólio e apresenta crescimento radial com o epidoto e zoisita/clinozoisita metamórfica ou está inclusa em hornblenda (**Figura 39B**) e biotita.

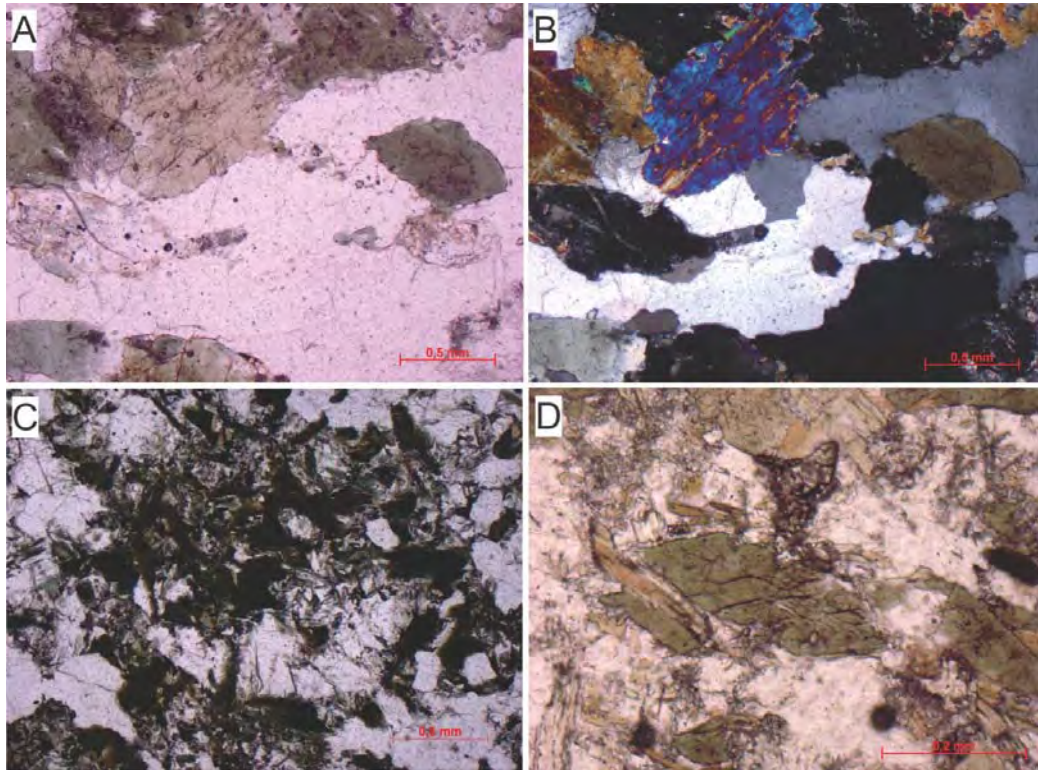
Os minerais opacos possuem proporções consideráveis na contagem modal da rocha, com formas estiradas e orientadas quando submetidos à esforços deformacionais, e também com hábito euédrico com formatos quadrangulares e com epidoto crescendo ao redor (**Figura 39C**). Os tamanhos são milimétricos a centimétricos e estão constantemente consumidos para formação de titanita metamórfica.

A titanita pode aparecer dispersa na matriz ou formar aglomerados de pequenos cristais anédricos (**Figura 39D**) ou disposta na clivagem da hornblenda.

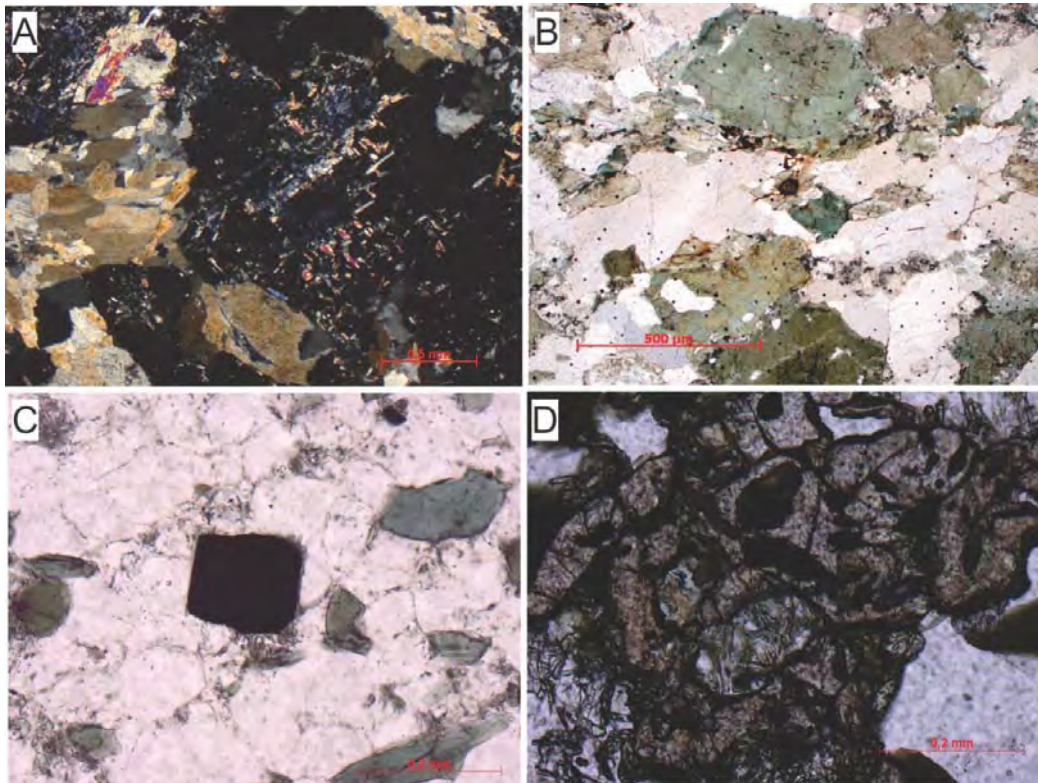
As amostras ITF-21B, ITF-21C em campo apresentam feições típicas de zonas de cisalhamento, como minerais estirados, com proporção de matriz variando de 60-80%, mas em lâminas não foram encontrados porfiroclastos (**Figura 40**) para serem classificadas como milonitos. Os grãos hornblenda aparecem concentrados em bandas e muito orientados, o que dá uma aparência de “fitas” em amostras de mão e em lâmina delgada uma textura granolepidoblástica (**Figura 40**).

Uma feição colunar foi encontrada no ponto ITF-63, inserido dentro da unidade anfibolítica. Em lâmina é possível identificar um núcleo rico em epidoto de granulação muito fina, e uma borda formada pelo quartzo-diorito de granulação fina-média (**Figura 41**). Parece

uma estrutura formada por um conduto de fluido, hidrotermal ou metamórfico, ou ainda um conduto de magma. O quartzo-diorito não apresenta nenhuma feição de deformação intensa, o que diminui a hipótese dessa estrutura ter sido formada por alguma ação metamórfica, no entanto a epidotização do núcleo se deu através do metamorfismo.

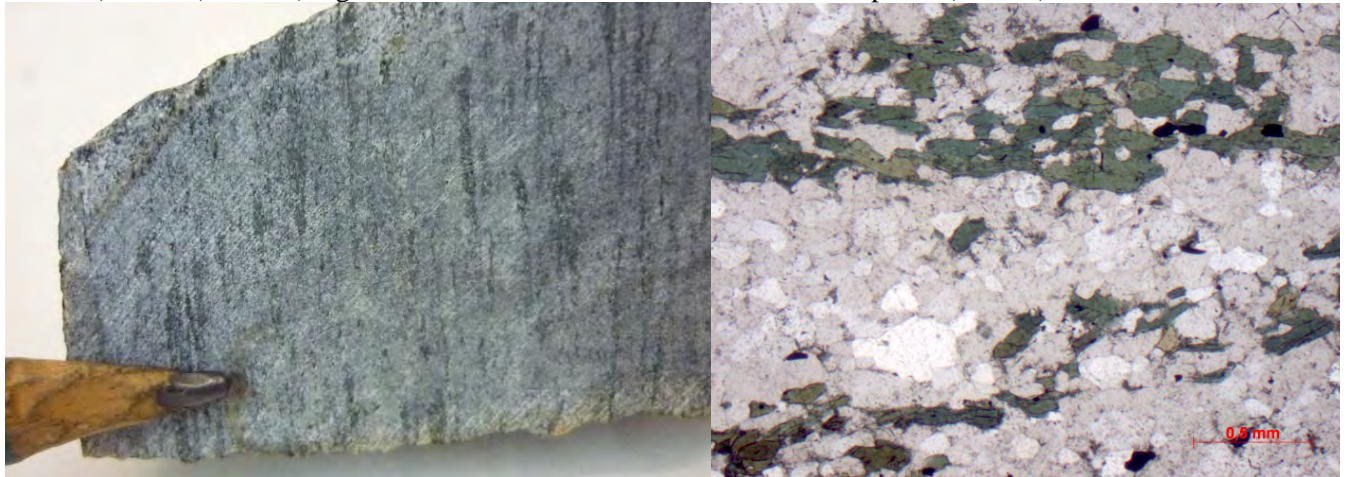


**Figura 38.** **A e B)** Visão geral do diorito com textura inequigranular seriada (IT01-73), NP/NX. **C)** Biotita, hornblenda e epidoto fragmentados (ITF-31), NP; **D)** Biotita substituindo hornblenda (IT01-71), NP.

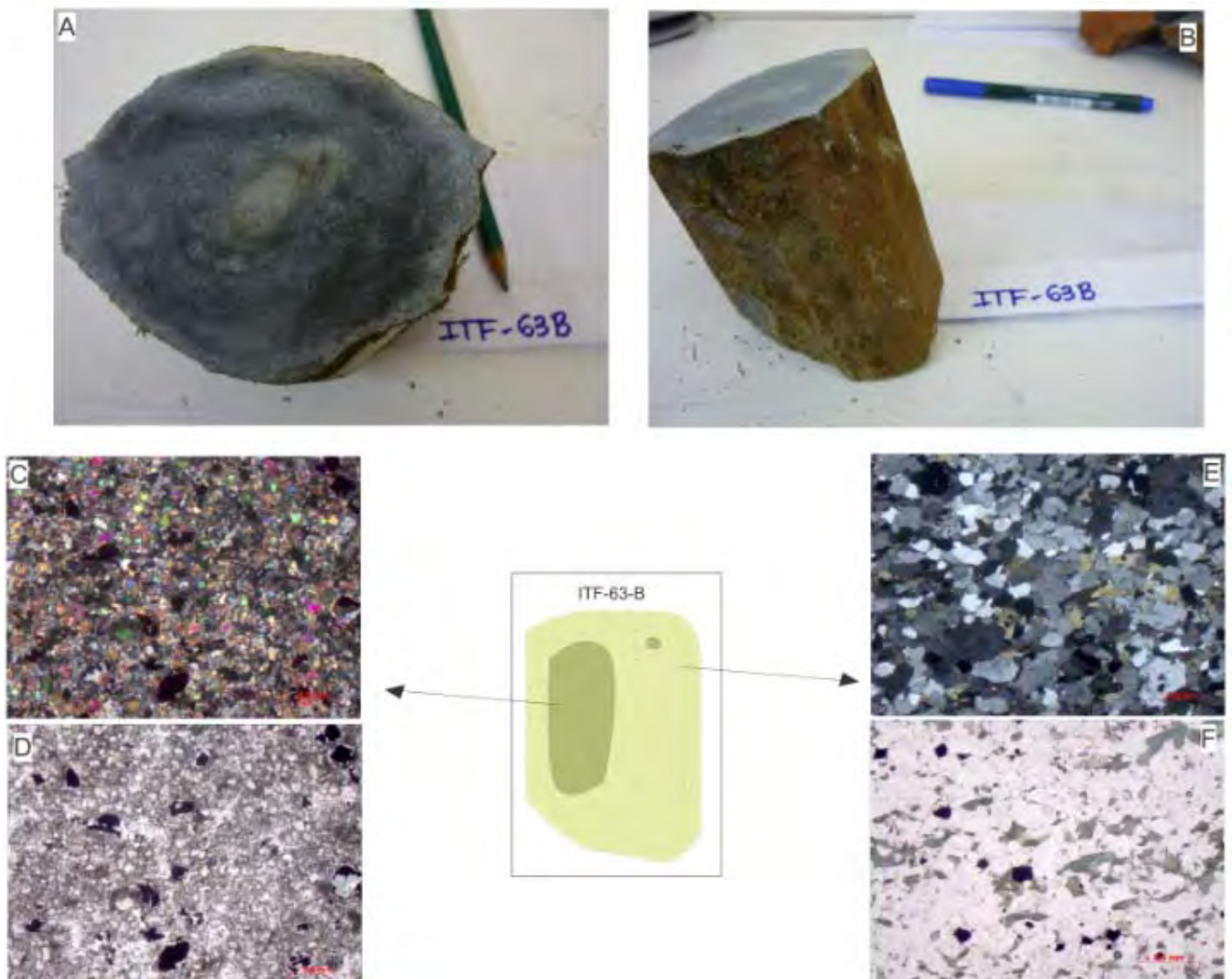




**Figura 39.** A) Plagioclásio sericitizado e epidotizado (IT02-64), NX; B) Inclusão de allanita euédrica em cristal de hornblenda (IT01-73), NP; C) Opaco quadrado com epidoto milimétrico crescendo ao redor (IT01-71), NP; D) Aglomerado de titanita crescendo ao redor de opacos (ITF-69), NP.



**Figura 40.** Amostra com anfibólio orientado em bandas (ITF-21C) em amostra de mão, à esquerda, e em lâmina petrográfica à direita.



**Figura 41.** A e B) Estrutura vista em campo em forma de coluna no ponto ITF-63B; C e D) Visão geral do núcleo rico em epidoto; E e F) Visão geral do quartzo-diorito da borda.

### 3.2.5.3 METAMORFISMO

As seguintes transformações metamórficas foram identificadas:

- 1) Plagioclásio alterando para minerais do grupo do epidoto, a partir da liberação do Ca;
- 2) Hornblenda sendo substituída nas bordas por actinolita;
- 3) Ilmentina substituída parcialmente ou integralmente por titanita;
- 4) Titanita formada ao longo das clivagens da hornblenda;
- 5) Biotita substituindo hornblenda;
- 6) Clorita substituindo biotita.

A partir das reações metamórficas descritas, sugere-se a atuação de pelo menos dois pulsos metamórficos nas rochas anfíbolíticas, onde as transformações 1, 2 e 4 seriam típicas de fácies anfíbolito inferior, enquanto as transformações 3, 5, 6 seriam correlatas a um pulso retrógrado, caracterizado como de fácies xisto verde.

### 3.2.6 METAGRANITOIDE

#### 3.2.6.1 FEIÇÕES DE CAMPO

Esta unidade tem predominância na porção centro-sul da área estudada e corresponde a um corpo contínuo de proporção batolíticas que aflora continuamente até próximo à cidade de Nazareno. Geralmente é identificado em grandes lajedos e blocos, devido a sua resistência ao intemperismo, sendo que seu solo de cor clara contém mais de 35% de quartzo e seu saprólito tem cor rosada. As rochas deste corpo são frequentemente cortadas por pegmatitos.

Este corpo possui incipiente foliação ( $S_n$ ) mergulhando em torno de  $60^\circ$  para SW, marcada pela orientação de fenocristais de K-feldspato, plagioclásio e filmes de biotita. A borda do corpo parece estar mais deformada (foliação mais visível), sugerindo uma colocação sin-tectônica em relação à  $D_n$ , foliação principal de *strike* N30-70°E.

A granulação da matriz varia de média a grossa e os fenocristais variam de 0,8-4 cm. Apesar de ter textura porfirítica (**Figura 42**), em alguns casos pode ter um aspecto mais isotrópico, o que dificulta sua diferenciação do ortogneisse tonalítico Cassiterita quando muito alterados. Os minerais essenciais são quartzo, feldspatos e biotita, e os minerais acessórios são clorita, epidoto, muscovita, titanita e allanita.

O que o diferencia do ortogneisse Morro do Resende, é a sua textura, a presença de xenólitos de anfíbolito, deformação restrita a borda do corpo, e também ausência de granada e magnetita.



**Figura 42.** Textura porfirítica com foliação marcada por fenocristais de feldspato no Metagranitóide (Ponto IT02-91).

### 3.2.6.2 PETROGRAFIA

Um total de doze lâminas foi analisado dessa unidade foram. A **Tabela 10** abaixo ilustra o nome das amostras em questão. Suas análises modais (**Tabela 11**) mostram um caráter monzogranítico para essas rochas, assim como as observadas por Passamani (2012) (**Figura 43**).

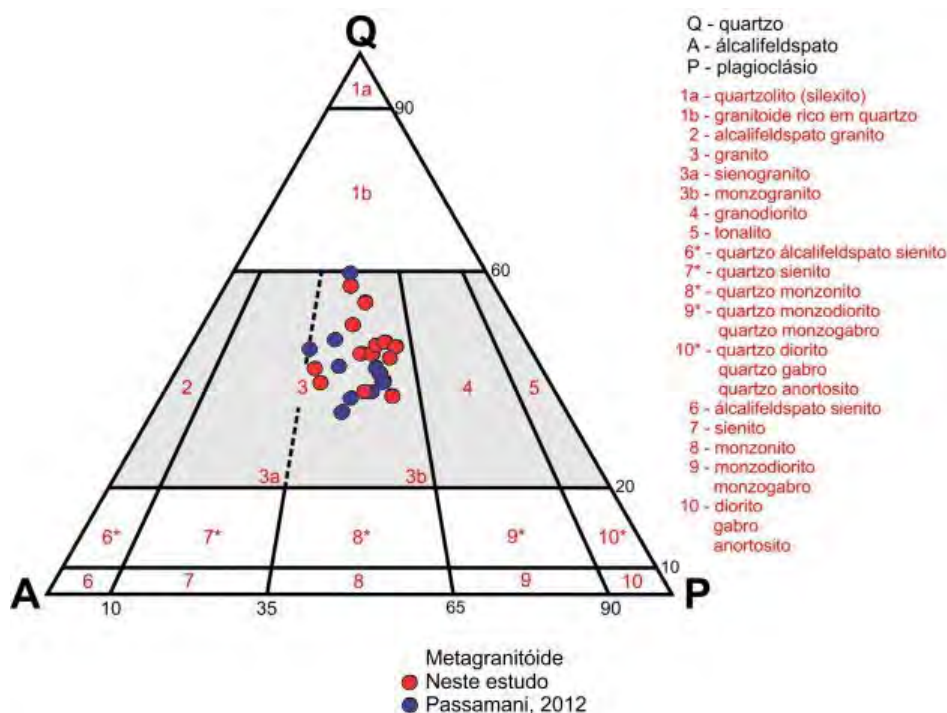
**Tabela 10.** Número das lâminas da unidade metagranitoide.

IT01-107A	IT01-107B	IT02-63
IT01-07	IT01-44	IT01-46D
ITF-02A	ITF-13	ITF-22B
ITF-27	ITF-61	ITF-77

**Tabela 11.** Contagem modal das amostras do metagranitoide.

Amostra	Microclina	Quartzo	Plagioclásio	Biotita	Muscovita	Titanita	Epidoto	Allanita	Clorita	Zircão	Opacos	Apatita	Sericita
IT01-07	27%	35%	15%	10%	0%	0%	9%	2%	0%	< 1%	2%	< 1%	< 1%
IT01-44	26%	39%	19%	2%	0%	0%	8%	2%	0%	< 1%	3%	0%	< 1%
IT01-46D	18%	51%	15%	7%	0%	0%	7%	< 1%	0%	0%	2%	0%	< 1%
IT01-107A	23%	29%	25%	6%	0%	3%	7%	2%	4%	< 1%	1%	0%	< 1%
IT01-107B	19%	27%	28%	10%	7%	2%	6%	< 1%	1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%
IT02-63	35%	37%	22%	3%	0%	< 1%	3%	< 1%	0%	< 1%	< 1%	0%	< 1%
ITF-02A	30%	41%	26%	1%	0%	0%	1%	< 1%	0%	0%	1%	0%	< 1%
ITF-13	32%	37%	24%	2%	0%	< 1%	3%	0%	0%	< 1%	2%	< 1%	< 1%
ITF-22B	26%	32%	29%	5%	0%	0%	6%	< 1%	0%	0%	2%	0%	< 1%
ITF-27	25%	37%	33%	5%	0%	< 1%	3%	< 1%	0%	< 1%	2%	0%	< 1%
ITF-61	30%	32%	28%	3%	0%	1%	5%	< 1%	0%	0%	1%	0%	< 1%
ITF-77	30%	29%	27%	5%	0%	< 1%	7%	< 1%	0%	< 1%	2%	0%	< 1%



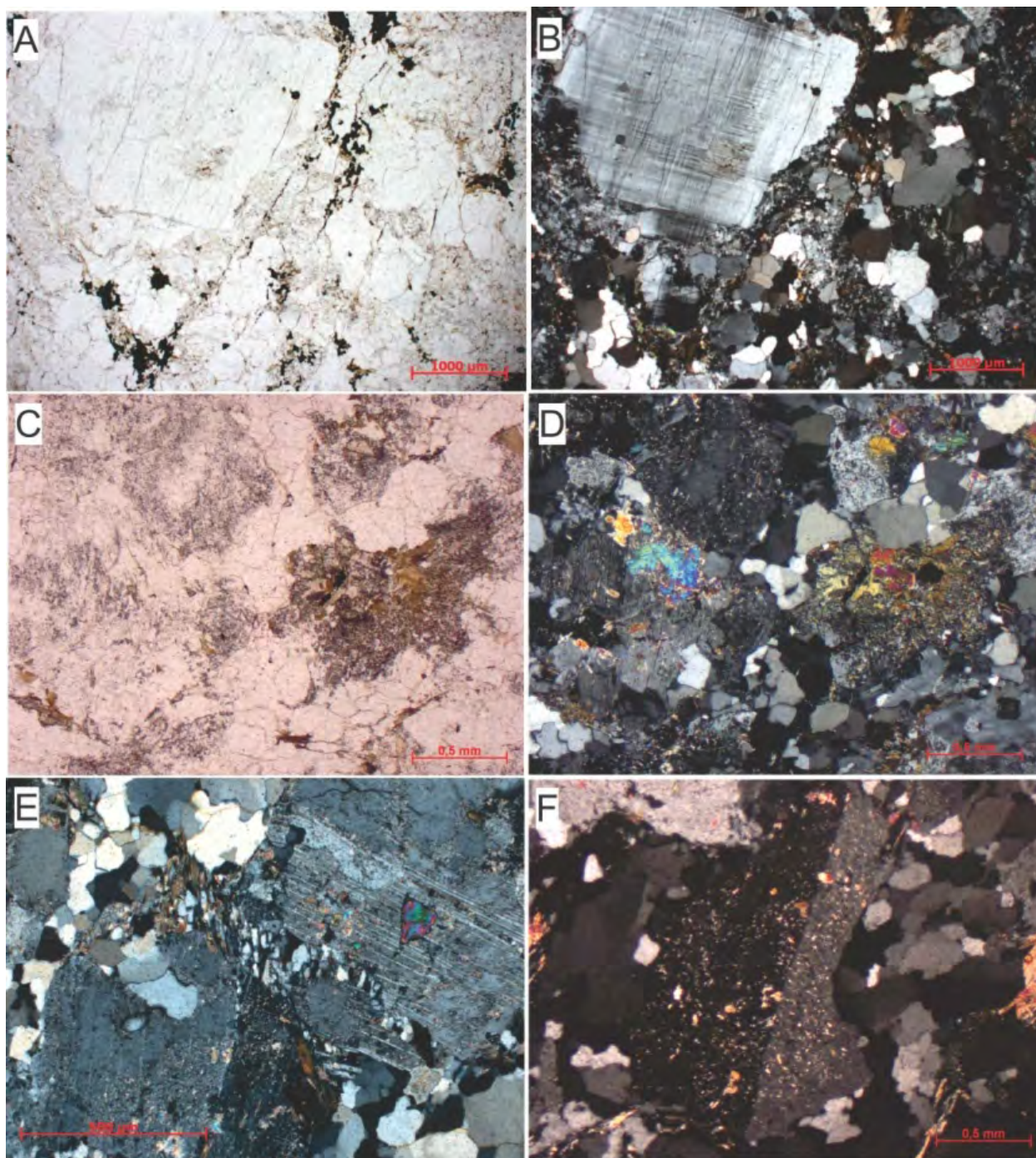


**Figura 43.** Diagrama QAP (Streckeisen, 1976) para Metagranitóide, incluindo as análises de Passamani (2012).

Em lâminas foram caracterizadas como rochas hololeucocráticas com textura porfirítica, formada por fenocristais de microclina e plagioclásio, tabulares, euédricos com até 4mm, e matriz fina (0,04 – 0,7mm) composta de quartzo, plagioclásio, microclina, muscovita e biotita (**Figura 44A e B**).

Os cristais de biotita podem aparecer de duas formas, euédricos com tamanhos maiores, ou menores e anédricos, podendo estar substituídos por clorita. Seu pleocroísmo varia de marrom a verde claro. É comum os cristais menores anédricos estarem fragmentados próximos à zonas mais recrystalizadas, próximos a outros minerais máficos (**Figuras 44C e 44D**). A muscovita subédrica pode ser vista na matriz da rocha, com grãos variando de 0,1-0,3mm. A titanita é um mineral metamórfico, quando apresenta forma anédrica crescendo ao redor dos opacos, no entanto há ainda a presença de titanita euédrica dispersa na matriz da rocha, esta possui origem ígnea. A allanita euédrica forma halos de crescimento radial com o epidoto, e eventualmente zoisita/clinozoisita metamórficos.

A rocha não possui muita recrystalização, mas pode ser vista através do quartzo com tamanhos menores que 0,05mm e bordas poligonais (**Figura 44E**). Os feldspatos, principalmente os plagioclásios, estão sericitizados (**Figura 44F**). Não foram encontradas texturas de exsolução, como mimerquita e pertita, descritas anteriormente por Passamani (2012).



**Figura 44.** A e B) Visão geral do metagrantóide porfirítico, amostra retirada fora da área de estudo. NP/NX. C e D) Biotita, epidoto e allanita ocorrem associados. É possível observar em D o cristal de muscovita a esquerda. NP/NX. E) Quartzo com bordas poligonais ao redor de pórfiros de plagioclásio, NX. F) Fenocristal de feldspato sericitizado, NX.

### 3.2.6.3 TRANSFORMAÇÕES PÓS-MAGMÁTICAS

As seguintes transformações metamórficas foram identificadas nos metagranitoides em questão:

- 1) Paragênese formada por allanita primária, biotita e epidoto secundários;
- 2) Epidoto crescendo ao redor da allanita e da biotita;
- 3) Sericitação e epidotização do plagioclásio.



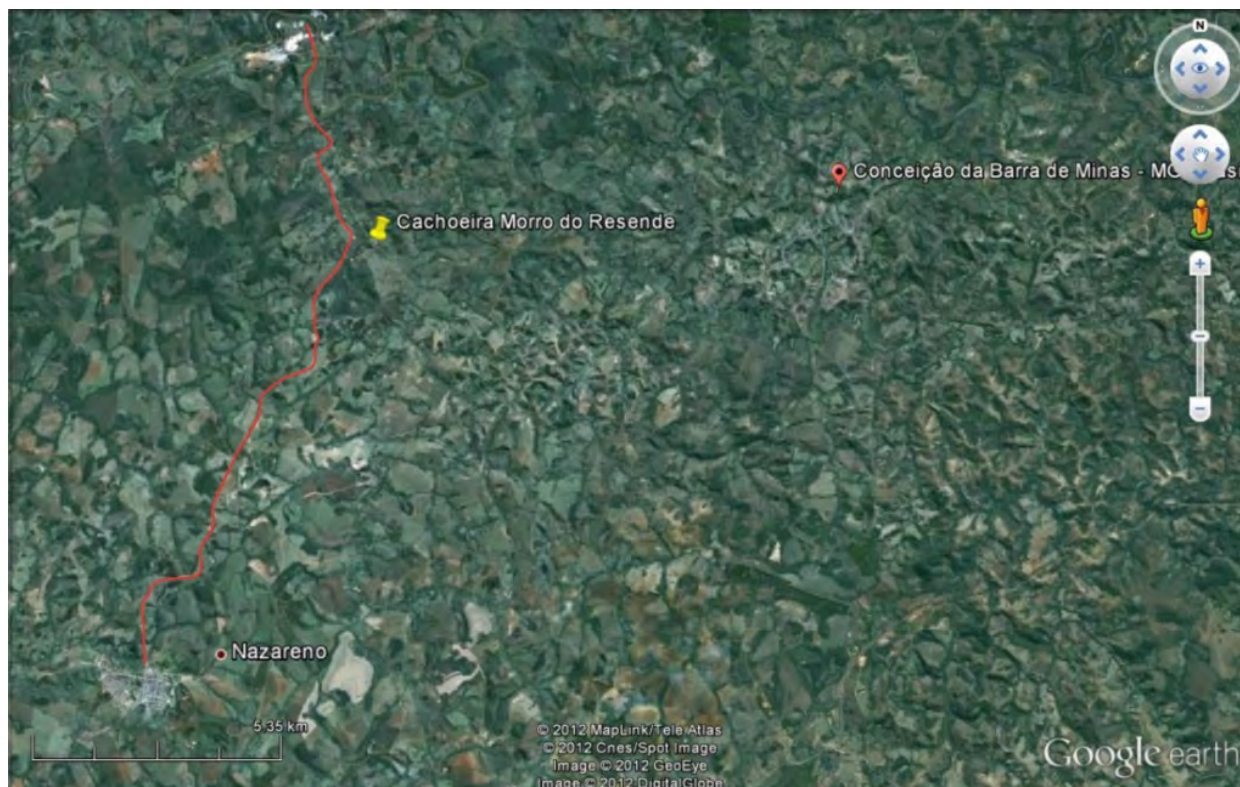
**CAPÍTULO 4**

**CACHOEIRA RIBEIRÃO**

**DO AMARAL**

## 4.1 INTRODUÇÃO

A cachoeira do Ribeirão do Amaral envolve cerca de 900m<sup>2</sup> de área de rochas expostas, e está representada em mapa pelos pontos IT01-21, ITF-01 (544754; 7663247) e ITF-02 (544541; 7663381), e seu acesso é realizado a partir da estrada de terra que liga a cidade de Nazareno com a mina de pegmatito de Volta Grande (**Figura 45**). No **Anexo I – Mapa Geológico**, o local está expresso com a simbologia de zona de cisalhamento.



**Figura 45.** Localização geográfica da cachoeira do Ribeirão do Amaral, destacando em vermelho a estrada que liga Nazareno à mineração de manganês Volta Grande. Retirado do *software* Google Earth®.

A área de exposição da cachoeira do Ribeirão do Amaral é representada por três afloramentos maiores que apresentam rochas distintas, possibilitando a identificação de suas respectivas relações de corte. Foram realizados croquis em duas dessas exposições, pois uma das mesmas apresentou o caminho inacessível devido à subida do nível fluvial (Ponto IT01-21). Ao longo do Croqui 1 (**Anexo IV**) foram retiradas amostras para confecção de lâminas petrográficas acompanhadas de levantamento fotográfico de detalhe e fotografias. O Croqui 2 (**Anexo V**) por sua vez, não foi muito bem detalhado devido ao péssimo estado de conservação das rochas e a grande quantidade de musgo presente nas mesmas. Neste croqui foram confeccionadas apenas 3 lâminas, pois o afloramento não apresentava locais que favorecessem a retirada de amostras. Há ainda um Croqui Extra, localizado a montante do Croqui 1, que está por sua vez a montante do Croqui 2.

## 4.2 CROQUI 1

### 4.2.1 ASPECTO GERAL (ITF-01)

No afloramento do Croqui 1 (**Anexo IV**) é muito claro a grande heterogeneidade dos litótipos presentes (**Figura 46**), podendo ser observados granitos, quartzo-dioritos, anfibolitos e pegmatitos. Todas as rochas encontram-se intensamente deformadas, exibindo um bandamento milonítico com indicadores cinemáticos de movimentação preferencialmente dextral, bem como são cortadas por zonas de cisalhamento sinistrais com rumo N25°- 65°E.

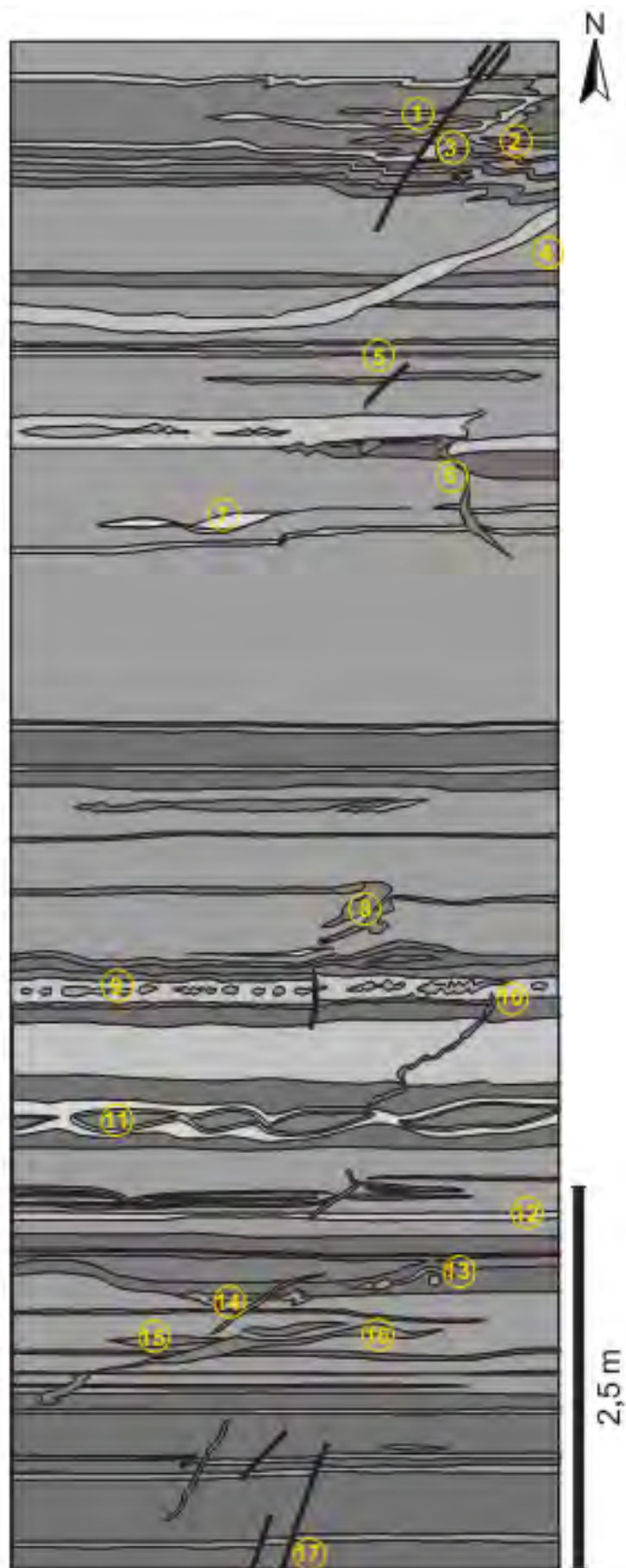


**Figura 46.** Visão geral do afloramento do ponto ITF-01.

A **Figura 47** indica a localização das fotografias de estruturas encontradas ao longo do Croqui 1. O número em amarelo no croqui esquemático corresponde à numeração do canto superior direito das fotografias (**Figuras 48 a 63**).

O ponto IT01-21 não foi detalhado conforme o ponto ITF-01, porém no mesmo foram observados camadas de composição granítica com xenólitos de anfibolitos dobrados e injetados por pegmatitos. Nesses xenólitos foram descritas estruturas do tipo *boudin* “*fish-mouth*”, indicando movimentação dextral. Esses indicadores se desenvolvem principalmente em rochas com diferentes viscosidades, as quais foram submetidas a esforços extensionais paralelos à foliação da rocha (Fossen, 2010).

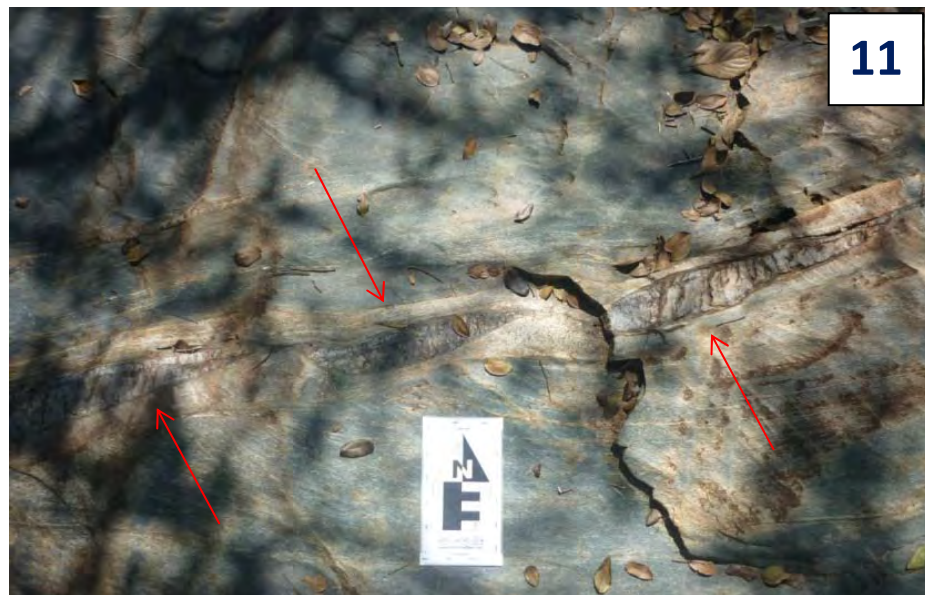




**Figura 47.** Localização das fotografias tiradas ao longo do croqui 1 (Ponto ITF-01). O número em amarelo representa a identificação e localização das fotografias tiradas.

Observando estruturas como *boudinage*, que ocorrem também no ponto ITF-01 do Croqui 1 (**Anexo IV**) em questão, pode se dizer que essas diferentes rochas foram envolvidas em um evento de cisalhamento dúctil, que associada ao metamorfismo produziu rochas de granulação fina e uma foliação bem marcada.

Os *boudins* observados no perfil em questão são comuns em veios de quartzo hidrotermais, pegmatitos e nas rochas félsicas, estando estes parcialmente ou totalmente rompidos (**Figura 48 e 49**). Ocorem veios de quartzo preenchendo zonas de maior distensão, sendo comum os mesmos estarem também boudinados. Algumas dessas estruturas possuem caráter rúptil formando falhas (**Figura 50**).

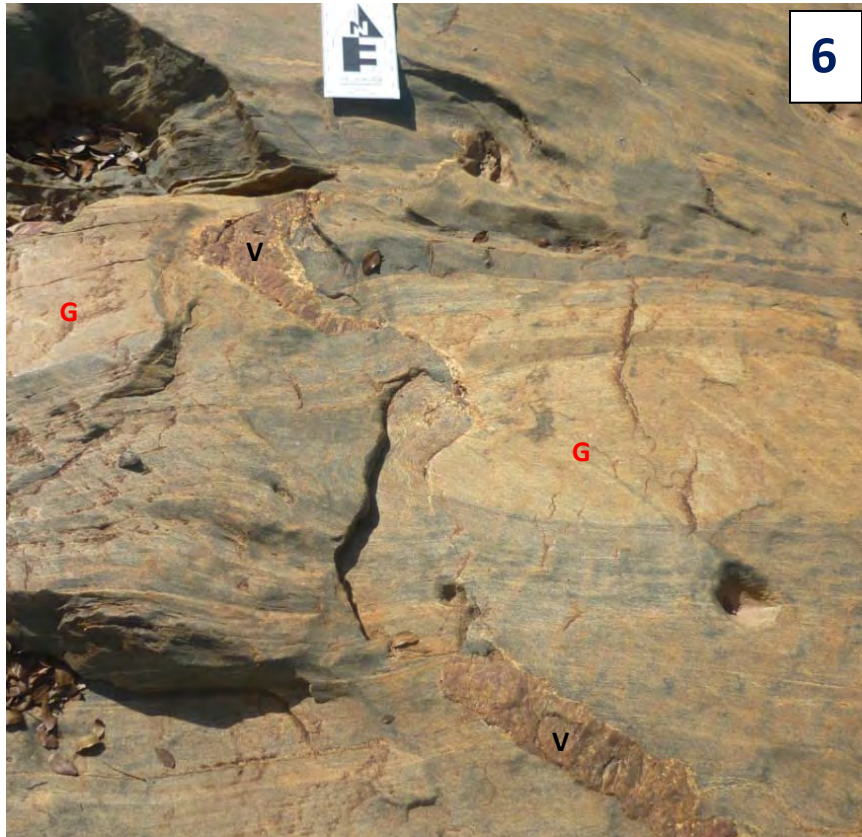


**Figura 48.** Veio de quartzo *boudinado* (indicado pela seta vermelha) associado a uma camada de composição granítica.



**Figura 49.** Fotografia mostrando detalhe do veio de quartzo onde é possível identificar um porfiroclasto de 2 cm de magnetita.





**Figura 50.** Veios de quartzo (V) preenchendo as zonas de alívio e distensão. A camada granítica (G) está deslocada, formando uma espécie de *boudin* assimétrico de cisalhamento.

Em alguns locais do perfil foram identificados o que parecem ser porfiroclastos de plagioclásio envolvidos por camadas ricas em hornblenda (**Figura 51**), ou vice-versa, sendo essa segregação composicional uma feição comumente vista em zonas de cisalhamentos (Fossen, 2010). Esses porfiroclastos possuem formas arredondadas (**Figura 52**), estiradas (**Figura 53**) ou uma intermediária de ambas (**Figura 54**). Quando os porfiroclastos encontram-se mais isolados, com menor simetria, indicam movimentação destal e sinistral.



**Figura 51.** Segregação composicional gradacional de anfibólio e plagioclásio cortado por aplito granítico (AG).





**Figura 52.** Aglomerado de porfiroclastos (P) de feldspato com variadas proporções, sendo o central da foto com forma arredondada. Nota-se na parte inferior do mesmo uma concentração de minerais máficos (seta) concordantes à foliação principal da rocha.

Veios ricos em epidoto estão *boudinados* (**Figura 55**) e também indicam movimentação destral. Apesar da maioria dos indicadores de falhas transcorrentes darem movimentação destral, existem zonas com movimentação sinistral (**Figura 56**) que cortam a foliação da rocha, sendo um regime estabelecido posteriormente.

Falhamentos normais em regime rúptil são posteriores e aparecem deslocando todas as litologias (**Figura 57**).

A diferença litológica que ocorre no afloramento é visível a partir da presença de camadas com tamanhos variados, desde centimétricas (**Figura 58**) até métricas. Essa é uma característica comum em zonas de cisalhamento e cinturões milloníticos pré-cambrianos e em áreas de orógenos colisionais (Fossen, 2010).



**Figura 53.** Aglomerado de grãos de feldspato estirado e rompido bem como cortado por veios aplíticos à direita.



**Figura 54.** Aglomerado de porfiroclastos de feldspatos arredondados com bordas estiradas e rompidas em meio a rocha anfibolítica.



**Figura 55.** Veio de epidoto *boudinado*, indicando movimentação destral.

Os pegmatitos ocorrem tanto concordantes (em alguns casos *boudinados*) quanto discordantes à foliação principal (**Figura 59**), onde os corpos concordantes aparecem cortando os corpos discordantes (**Figuras 59**). São vistos nestes pegmatitos cristais de até 6 cm de magnetita estirados ou não (**Figuras 60 e 61**), sendo que a espessura dos mesmos é variada, desde centimétrica até métrica.

A foliação principal do afloramento possui atitude 172/74 e a lineação mineral medida no plano de foliação tem atitude 270/38. Foi constatada a existência de camadas graníticas formando dobras intrafoliais (**Figura 62**), cujo plano axial é paralelo a esta foliação principal (**Figura 63**) e o eixo delas é paralelo a lineação mineral medida no plano de foliação. Em pontos fora do perfil é possível observar duas gerações de dobras F1, com plano axial paralelo à foliação, e F2 com plano axial transversal à mesma.

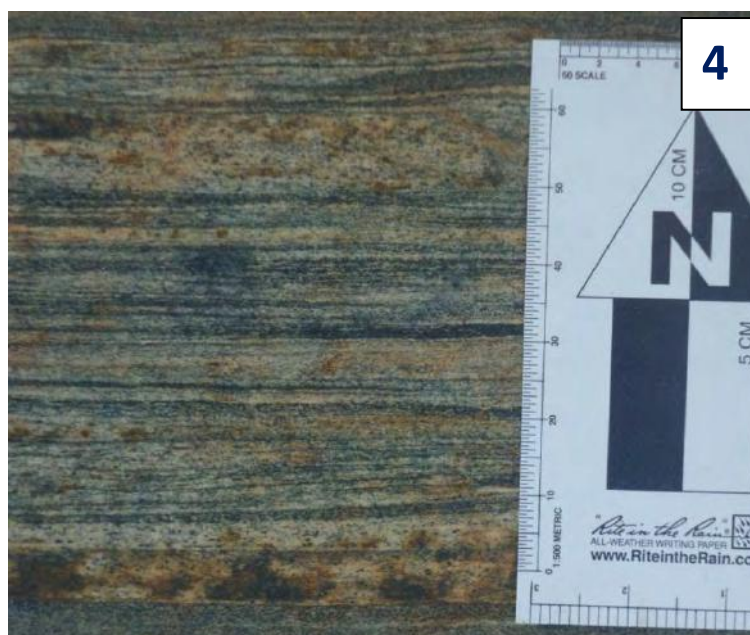




**Figura 56.** Granitoide formando dobras intrafoliais cortado por zona de cisalhamento sinistral posterior ao dobramento intrafolial visto na camada granítica.

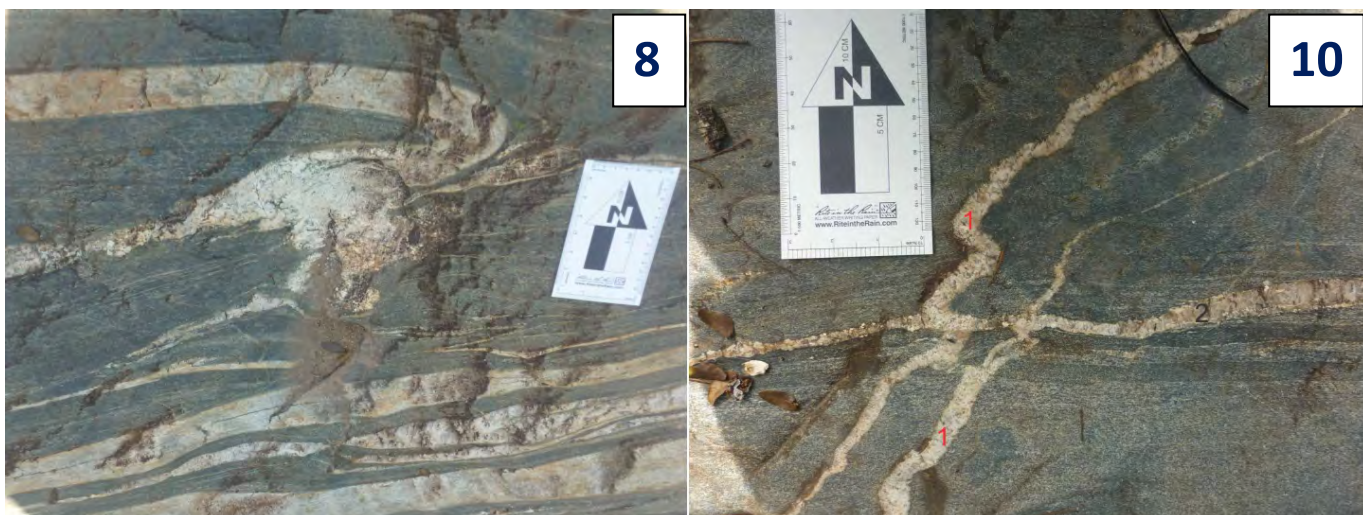


**Figura 57.** Falhamento normal de origem rúptil deslocando camadas de granitóide, gnaisses e veios ricos em feldspatos.



**Figura 58.** Fotografia ilustrando intercalações de camadas pouco espessas de rochas félsicas e máficas, predominando amplamente a primeira.





**Figura 59.** Fotografia mostrando diferentes pegmatitos. A foto da direita mostra pegmatitos discordantes (marcados com o número 1 em vermelho) e um concordante a foliação (com o número 2 em preto).



**Figura 60.** Magnetita de 6 cm estirada em veio pegmatítico concordante com a foliação da rocha.

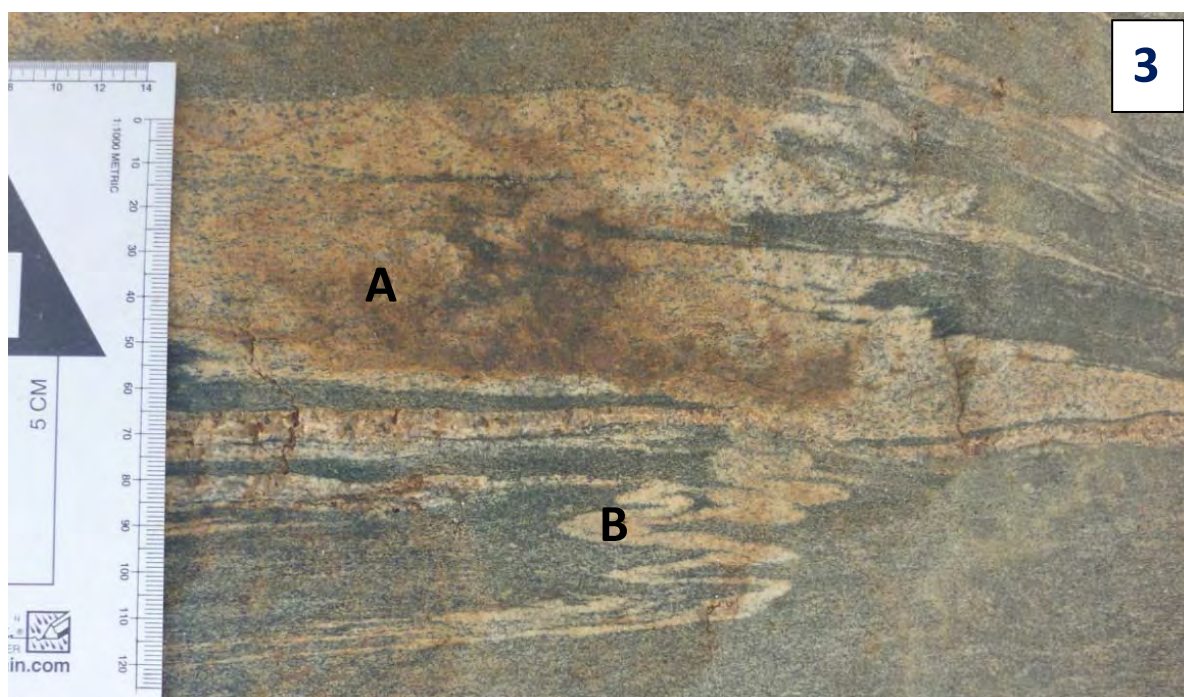


**Figura 61.** Magnetita de 3 cm levemente deformada.





**Figura 62.** Veio aplítico formando dobras intrafoliais.



**Figura 63.** Granitóide (A) e veio aplítico formando dobras intrafoliais (B).

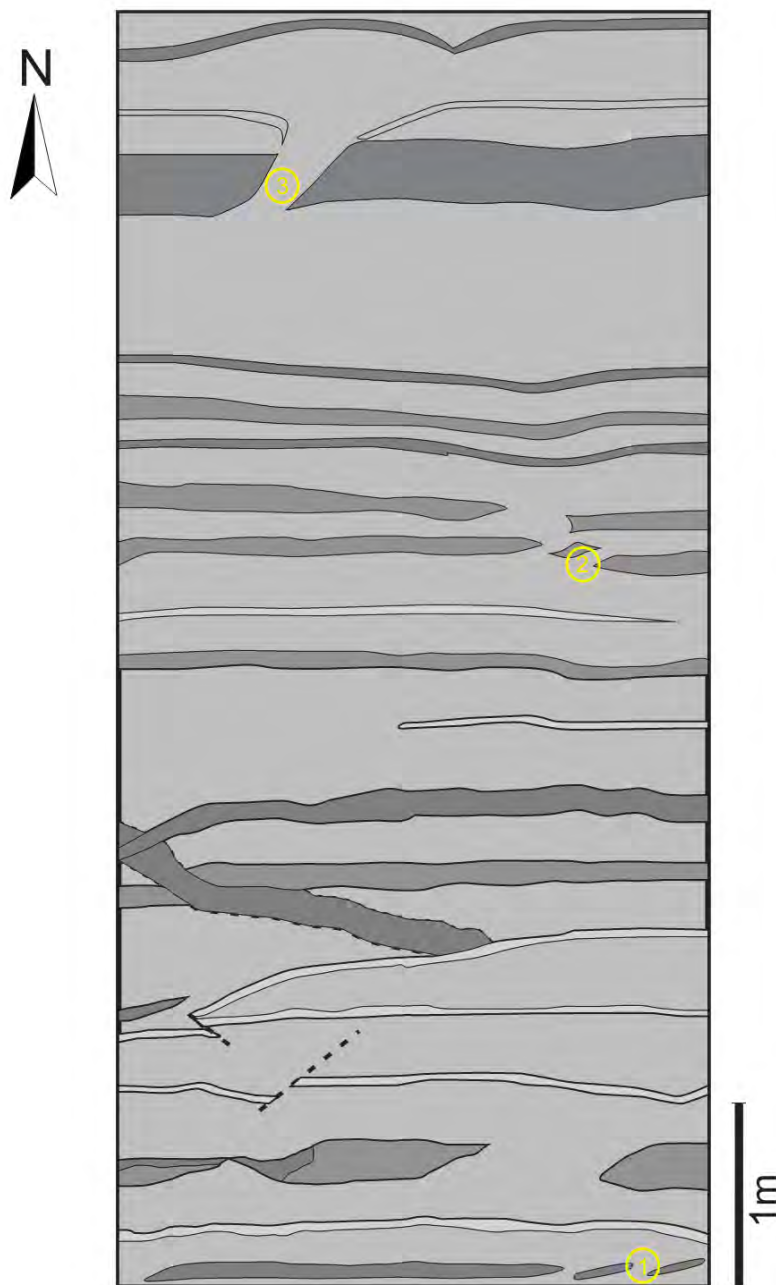
## 4.3 CROQUI 2

### 4.3.1 ASPECTO GERAL (ITF-02)

O afloramento ilustrado no Croqui 2 (**Anexo V**) está localizado no ponto ITF-02 e encontra-se em péssimo estado de conservação, o que dificulta visualização e caracterização

das rochas envolvidas. Outro problema está na amostragem, pois não são encontrados planos adequados para a retirada das mesmas. O afloramento é formado por rochas de diferentes composições, bandadas, com foliação mergulhando  $86^\circ$  para sudeste ( $165^\circ$ ).

A **Figura 64** abaixo ilustra o local no croqui das fotografias exibidas. O número em amarelo está na parte superior direita das fotografias.



**Figura 64.** Localização das fotografias no Croqui 2.

São identificados inicialmente quatro tipos de rochas: anfibolito, rocha félsica de composição tonalítica, rocha intermediária e um granitoide composto por quartzo, feldspato, granada e anfibólio.

As estruturas encontradas são parecidas com as do Croqui 1 (**Anexo IV**). Os veios de quartzo e pegmatitos estão encaixados concordantes a foliação principal da rocha, possuem



espessuras variando de milimétricas a centimétricas e podem aparecer rompidas e *boudinadas* (**Figura 65**). Alguns *boudins* podem assumir formatos facoidais indicando movimentação dextral (**Figura 66**), o que também ocorre em camadas de anfibolito, porém estas camadas possuem espessuras centimétricas (**Figura 67**). Os indicadores cinemáticos indicam movimentação dextral em ambiente rúptil.



**Figura 65.** Pegmatitos *boudinados* indicando movimentação dextral.



**Figura 66.** Banda de anfibolito concordante a foliação da rocha *boudinada* indicando movimentação dextral.



**Figura 67.** Camada de anfibolito concordante *boudinado* indicando movimentação dextral.

#### 4.4 CROQUI EXTRA

Este afloramento (**Figura 68**), à montante do ponto ITF-01, não possui extensão significativa como os dos demais croquis, no entanto as rochas estão em bom estado de visualização. Além de ter sido feito na primeira campanha de campo, onde parte da estratigrafia não estava totalmente esclarecida. Não foi feita petrografia desses corpos, portanto é possível que a intrusão marcada como ortognaisse Morro do Resende seja apenas um granitóide qualquer.

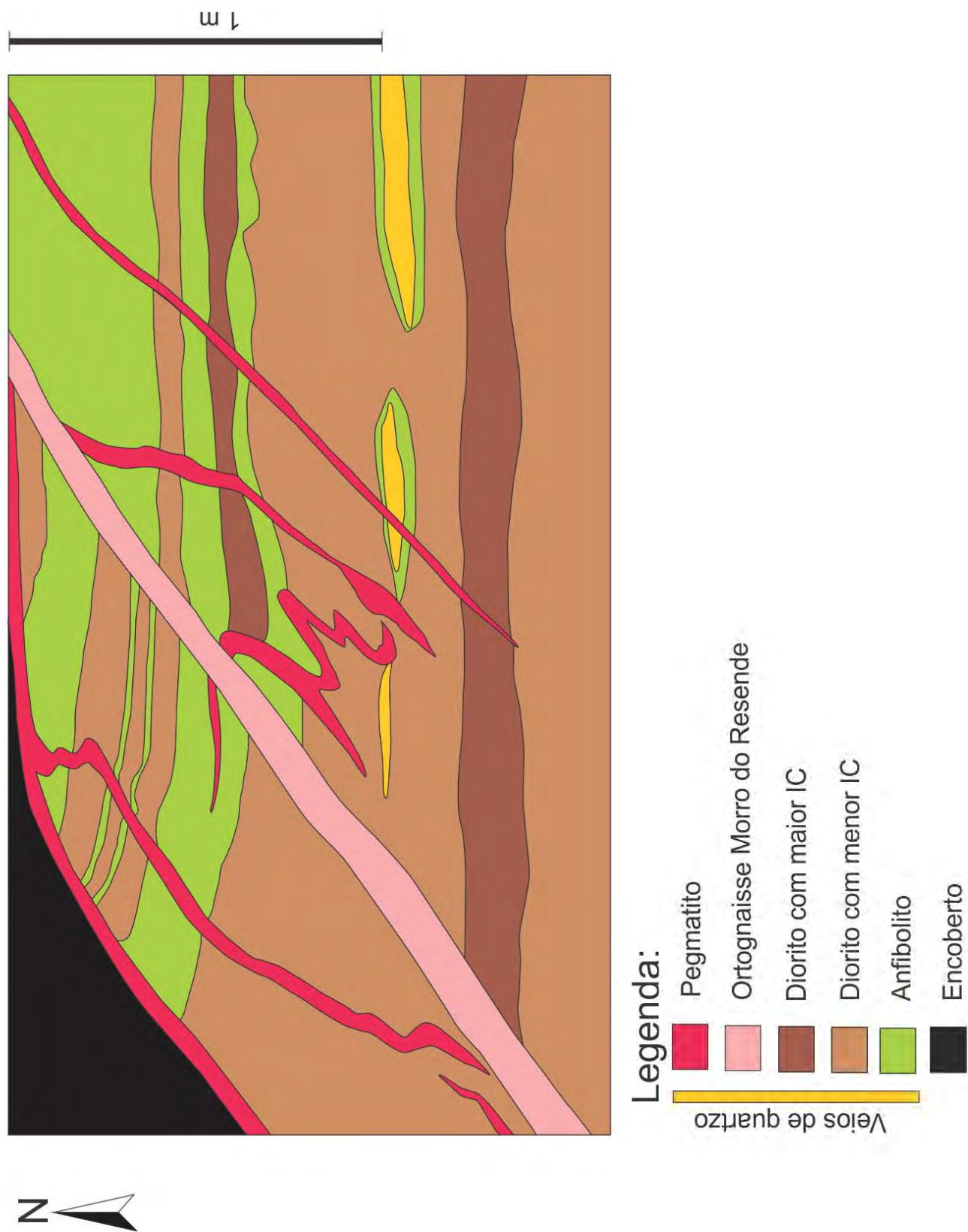
A foliação medida em dip-dip foi de  $320^{\circ}/85^{\circ}$ . Quanto às lineação foram medidas duas famílias, uma mergulhando para nordeste ( $L_n: 55^{\circ}/50^{\circ}$ ) e outra para sudoeste ( $L_n: 260^{\circ}/50^{\circ}$ ). Os eixos das dobras intrafoliais estão paralelos a essas lineações.

São encontrados dioritos, rochas equigranulares finas com índice de cor variando de 32 a 63. Essa diferença do índice de cor permitiu a subdivisão no croqui de camadas com menores ou maiores porcentagens de minerais máficos. Intercalados com os dioritos aparecem anfibolitos, rochas melanocráticas compostas quase que totalmente por anfibólio.

Ambas as rochas encontram-se injetadas por gerações de pegmatitos. Um mesmo corpo pode aparecer de forma discordante ou concordante à foliação principal. São observados diques de rochas máficas cortando pegmatitos e também sendo cortados por outra geração de pegmatito.

Além dessas rochas, há ainda veios de quartzo rompidos e *boudinados*. Não foi possível a distinção precisa desses veios como indicadores cinemáticos.



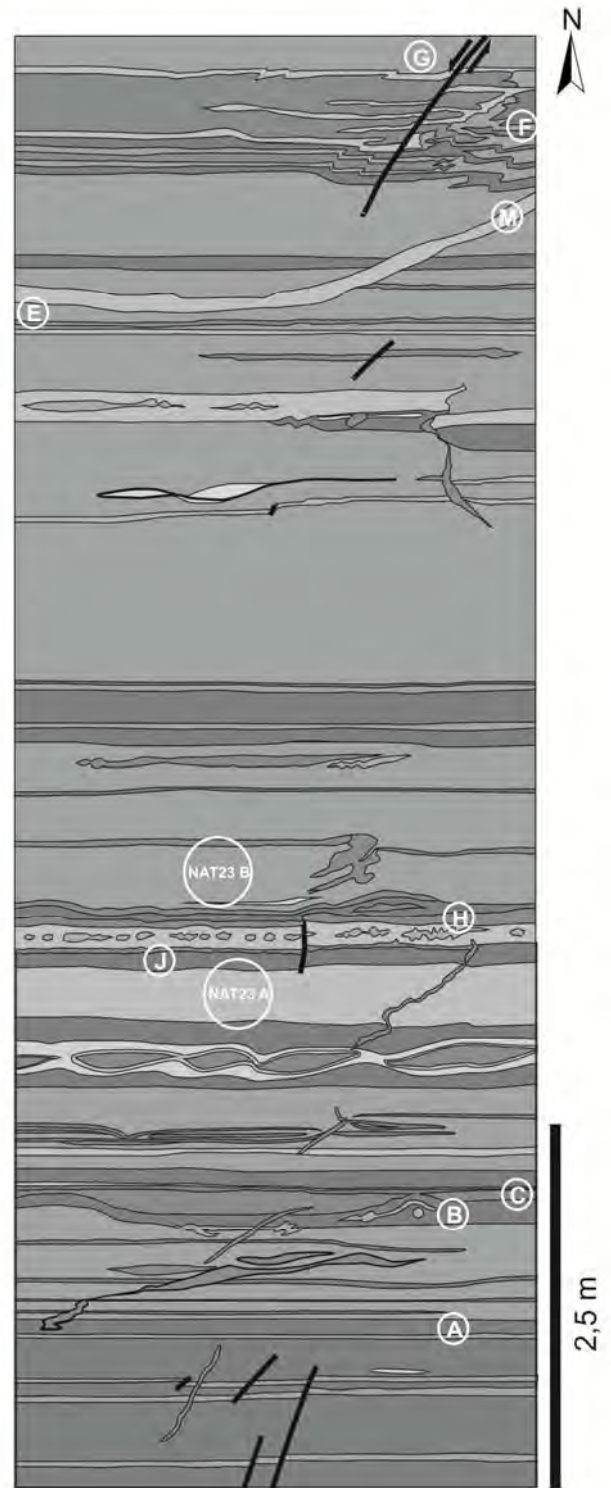


**Figura 68** Croqui do afloramento entre os pontos ITF-01 e IT01-21.

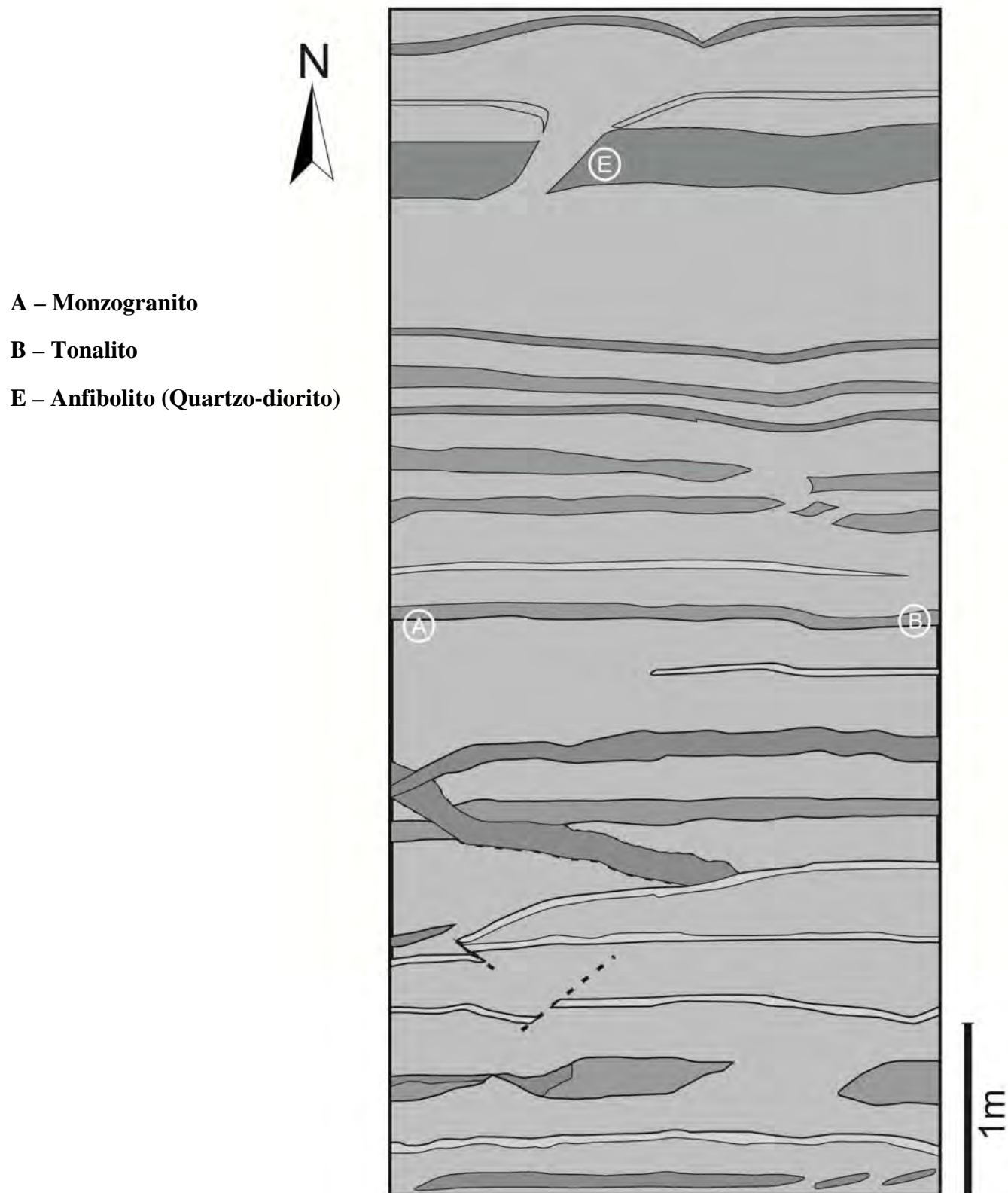
## 4.5 PETROGRAFIA

Foram descritas um total de treze lâminas coletas ao longo do Croqui 1, e três ao longo do Croqui 2. As **Figuras 69 e 70** mostram, nos respectivos croquis, os locais de onde as amostras laminadas foram retiradas e as litologias correspondentes. A confecção do croqui foi interrompida pelo curso de água do rio, que continua a norte do perfil cerca de 1m, em seguida existem rochas aflorantes representadas pela amostra N.

- A – Anfibolito**
- B – Anfibolito**
- C – Tonalito**
- E – Anfibolito (Quartzo-diorito)**
- F – Anfibolito (Quartzo-diorito)**
- G – Anfibolito**
- H – Granodiorito**
- J – Anfibolito (Quartzo-diorito)**
- L – Anfibolito**
- M – Granodiorito**
- N – Meta-Quartzo-diorito**
- NAT 23A – Anfibolito**
- NAT23B – Anfibolito (Quartzo-diorito)**



**Figura 69.** Localização das amostras retiradas ao longo do croqui do ponto ITF-01. O número em branco representa a identificação das lâminas.



**Figura 70.** Localização das lâminas delgadas no Croqui 2.

### 4.5.1 ANFIBOLITOS

A contagem modal das amostras dos anfibolitos está representada na **Tabela 12** abaixo:

**Tabela 12.** Porcentagem dos minerais que compõem as rochas anfibolíticas descritas.

	ITF-01A	ITF-01B	ITF-01E	ITF-01F	ITF-01G	ITF-01J	ITF-01L	NAT-23A	NAT-23B	ITF-02E
Anfibólio	48	53	27	23	59	35	49	66	42	25
Plagioclásio	33	15	17	17	13	15	18	16	35	48
Quartzo	4	23	23	25	5	25	10	9	10	12
Biotita	7	< 1	9	6	< 1	4	4	-	3	-
Opaco	4	< 1	3	3	4	4	3	2	3	< 1
Epidoto/Zoisita	2	2	12	14	10	13	9	6	6	15
Apatita	2	3	< 1	< 1	< 1	< 1	-	-	-	-
Titanita	< 1	4	4	4	5	1	5	-	-	< 1
Allanita	< 1	< 1	< 1	1	< 1	1	< 1	1	< 1	< 1
Clorita	< 1	-	5	7	4	2	2	< 1	1	-
Zircão	-	-	< 1	-	-	-	-	-	-	-
Rutilo	-	-	-	< 1	-	-	-	-	-	-

Os anfibolitos possuem diferentes proporções de seus minerais, dentre eles anfibólio (principalmente hornblenda), plagioclásio, titanita e biotita de acordo com o protólito do qual foram gerados. Como as amostras ITF-01B, ITF-01E, ITF-01F e ITF-01J possuem alto conteúdo de quartzo e presença de biotita, foram associadas a um protólito diorítico.

Os anfibolitos são rochas mesocráticas a melanocráticas, com textura granolepidoblástica (**Figura 712A**), cujo tamanho dos cristais não é maior que 1 cm, sendo, portanto classifica como média, e em alguns casos fina. Sua foliação é marcada pela orientação de minerais máficos como hornblenda e a biotita (**Figura 71B**).

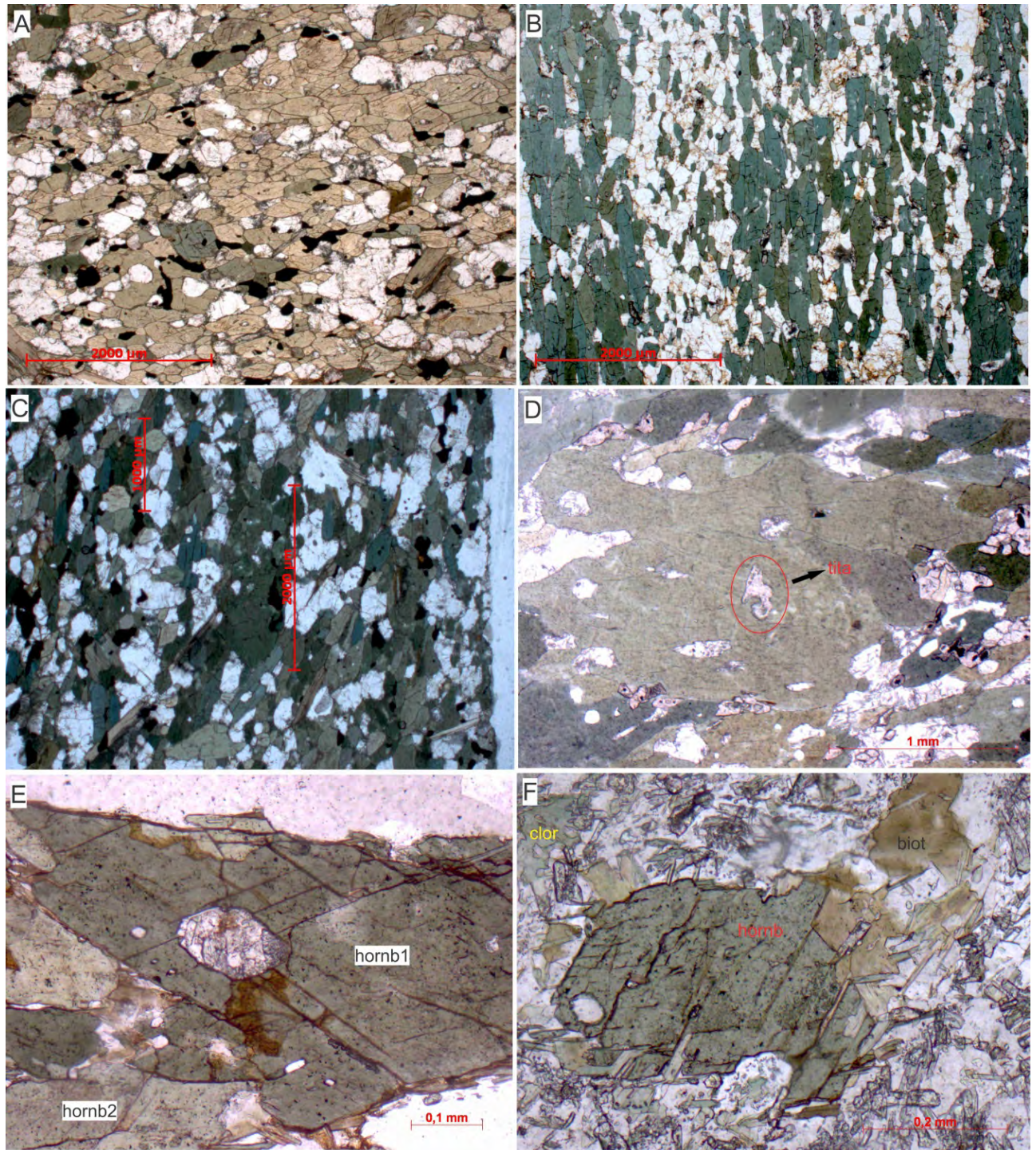
Os cristais de hornblenda possuem pleocroísmo marrom a verde-escuro, enquanto os cristais de actinolita, crescidos ao redor da hornblenda, possuem pleocroísmo incolor a verde-claro. Os cristais maiores de hornblenda, eventualmente encontram-se preservados (**Figura 71C**) ou então amplamente recristalizados. No caso da amostra ITF-01G os cristais de hornblenda (**Figura 71D**) são muito maiores do que no restante das lâminas (> 2mm) apontando para um protólito gabróico fino. São observadas inclusões de quartzo, plagioclásio epidotizado (**Figura 71E**), minerais opacos, e mais raramente de titanita.

A biotita aparece localizada em certas porções da lâmina substituindo o anfibólio (**Figura 71F**), com tamanho entre 0,5mm e 1cm. Possui inclusões de allanita, minerais opacos e epidoto (**Figura 72A**), bem como é substituída pela clorita (**Figura 71F**).

A clorita possui pleocroísmo verde claro a incolor, com relevo baixo e geralmente se encontra associada à biotita e ao epidoto (**Figura 72B**). Em alguns casos, como o da lâmina ITF-01G, a presença de biotita é muito limitada em contraste com uma alta concentração de



clorita, podendo esse mineral ter substituído quase que totalmente a biotita durante a ação retrometamórfica na fácies xisto verde.



**Figura 71.** A) Textura granolepidoblastica (ITF-01A); B) Honblenda fortemente orientada segundo a foliação da rocha (ITF-01B); C) Cristal de hornblenda de tamanho maior mostrando que o protólito teria granulação média. A escala vertical serve para a comparação com os demais cristais (ITF-01A); D) Hornblenda com mais 2mm e inclusão de titanita (ITF-01G); E) Hornblenda com inclusão de plagioclásio epidotizado (ITF-01G); F) Biotita substituindo a borda do cristal de hornblenda e clorita (no canto superior esquerdo) substituindo cristal de biotita (ITF-01F).

O plagioclásio é anédrico, com tamanho predominante de 0,5mm, podendo apresentar inclusões de apatita, que apresenta hábito em forma de agulha. O epidoto também aparece preenchendo os defeitos cristalinos no plagioclásio ou ao seu redor. O quartzo pode aparecer concentrado em veios (**Figura 72C**) ou na matriz.

O epidoto possui origem metamórfica e pode variar amplamente em tamanho e na forma. Geralmente está associado ao plagioclásio e aproveitando os defeitos em sua rede cristalina. O epidoto anédrico tem forma alongada (**Figura 72D**), medindo menos que 0,1mm e acompanha a foliação principal da rocha. O epidoto euédrico possui tamanho em torno de 0,5mm, pleocroísmo incolor a rosado e relevo alto (**Figura 72E**). A zoisita/clinozoisita ocorre em menor proporção e conjuntamente com o epidoto na alteração do plagioclásio (**Figura 72F**).

Os minerais opacos estão fragmentados e orientados, com epidoto, biotita e titanita crescendo ao seu redor (**Figura 73A**). A allanita ocorre em cristais de até 0,4mm, e está circundada por epidoto (**Figura 73B**). A apatita é relativamente frequente estar incluída no plagioclásio, hornblenda e biotita e possui hábito de “agulha” e tamanhos próximos a 0,2mm.

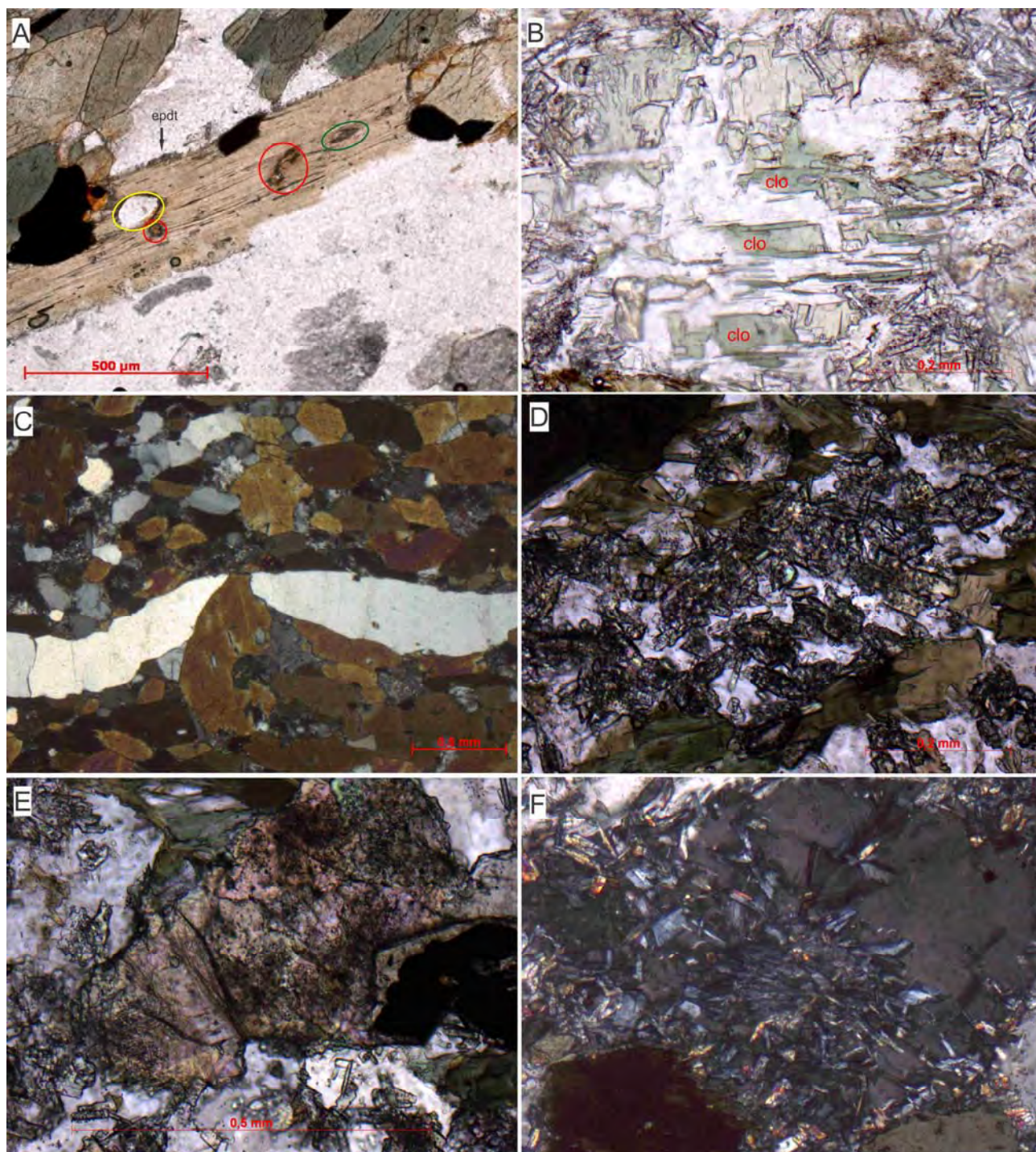
A titanita metamórfica, de tamanhos variando de 0,05 a até 2,0mm, cresceu à custa do titânio dos minerais opacos, como ocorre na amostra ITF-01A e ITF-01G (**Figura 73C**), sendo que em alguns casos este mineral opaco já foi consumido quase que totalmente. Na amostra ITF-01B ela se concentra entre grãos de hornblenda (**Figura 73D**).

A amostra ITF-01N possui uma textura diferente dos demais anfibolitos, com anfibólio em vigas e rosetas (**Figuras 74A e 74B**). Sua mineralogia é formada por hornblenda (72%), plagioclásio (6%), quartzo (18%), titanita (4%), opacos (< 1%) e biotita (< 1%). O anfibólio apresenta grande quantidade de *bleb's* de quartzo (**Figura 74C**), produtos da transformação da rocha ígnea rica em piroxênio, em rocha metamórfica composta essencialmente de hornblenda. Na borda dos cristais de hornblenda, ocorre formação de finos filmes de biotita.

O quartzo e o plagioclásio estão recrystalizados, com bordas poligonais de origem metamórfica. Os cristais de titanita são grandes e anédricos, chegando a 2mm, estando concentrados com os minerais opacos, hornblenda e biotita (**Figura 74D**).

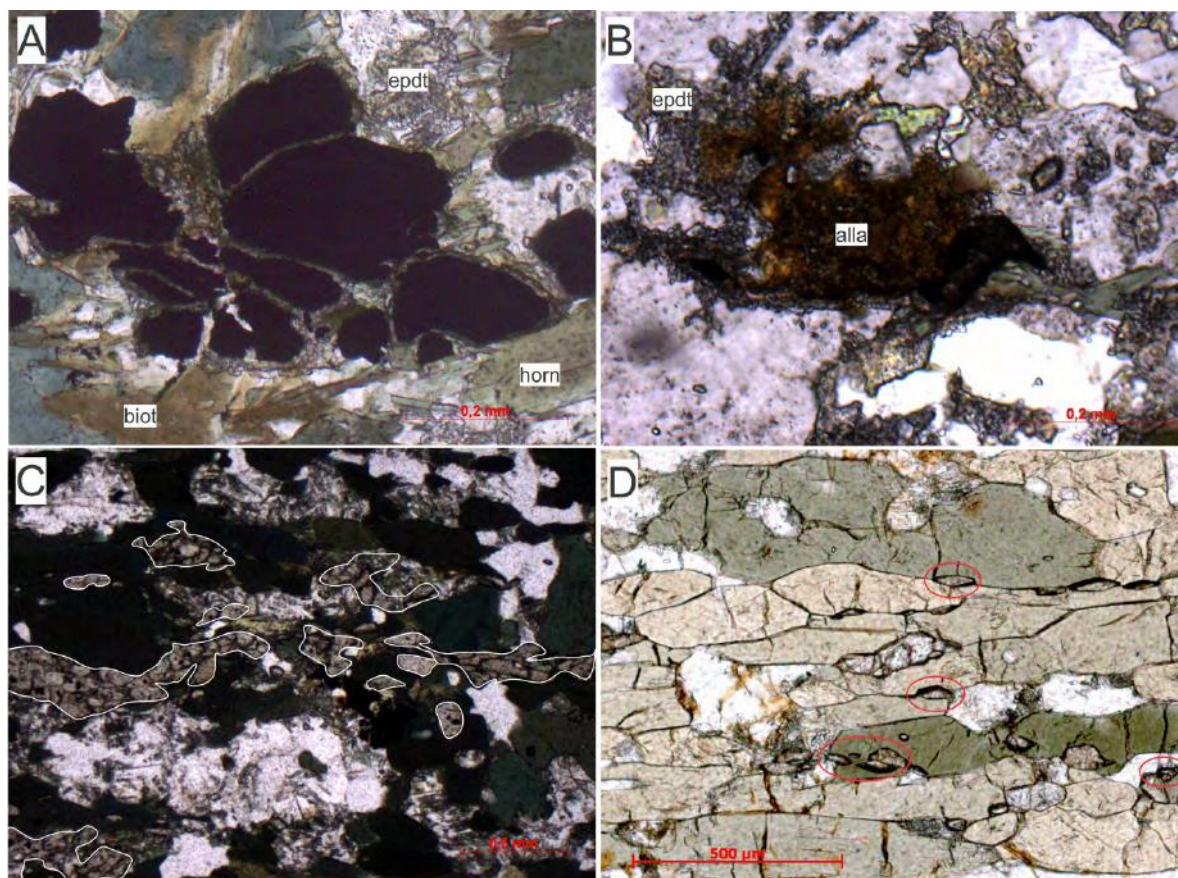
A amostra ITF-01N é um anfibolito que preserva uma textura de herança ígnea, cujo protólito pode ter sido um gabro ou um diorito.



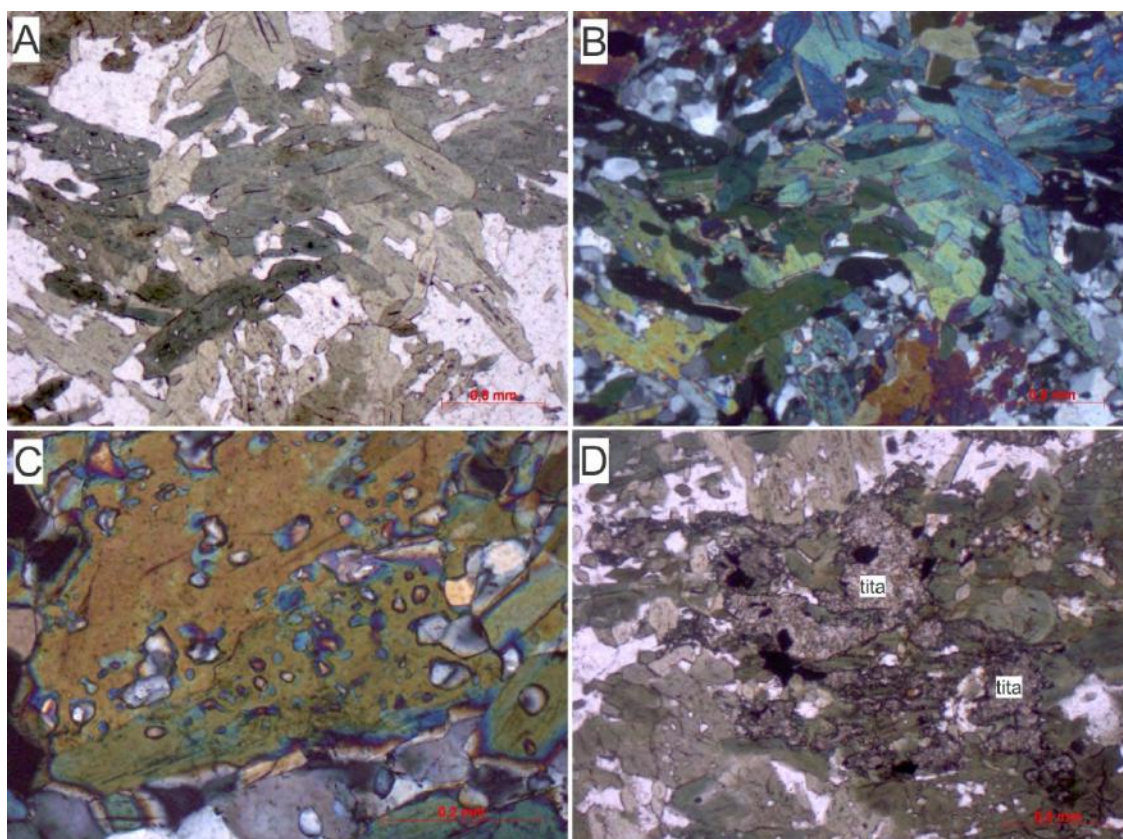


**Figura 72.** A) Inclusões na biotita. Circulado em amarelo, plagioclásio, em vermelho allanita associada a epidoto, e em verde titanita (ITF-01A); B) Clorita substituindo biotita, ambos em parágênese com epidoto (ITF-01F); C) Veio de quartzo em anfibolito (NAT-23A); D) Epidoto anédrico com hábito alongado (ITF-01E); E) Epidoto euédrico (ITF-1E); F) Zoisita/clinozoisita com cor de interferência azulada próxima ao epidoto anédrico (ITF-01G).





**Figura 73.** A) Opaco circundado por epidoto, biotita e hornblenda (ITF-01J); B) Allanita sobrecrecida por epidoto (ITF-01E); C) Aglomerado orientado de titanita crescendo sobre o opaco (ITF-01L); D) Titanita entre grãos de hornblenda (ITF-01E).



**Figura 74.** A e B) Textura em vigas na lâmina ITF-01N; C) *Bleb's* de quartzo; D) Titanita entre grãos de hornblenda envolvendo os minerais opacos.



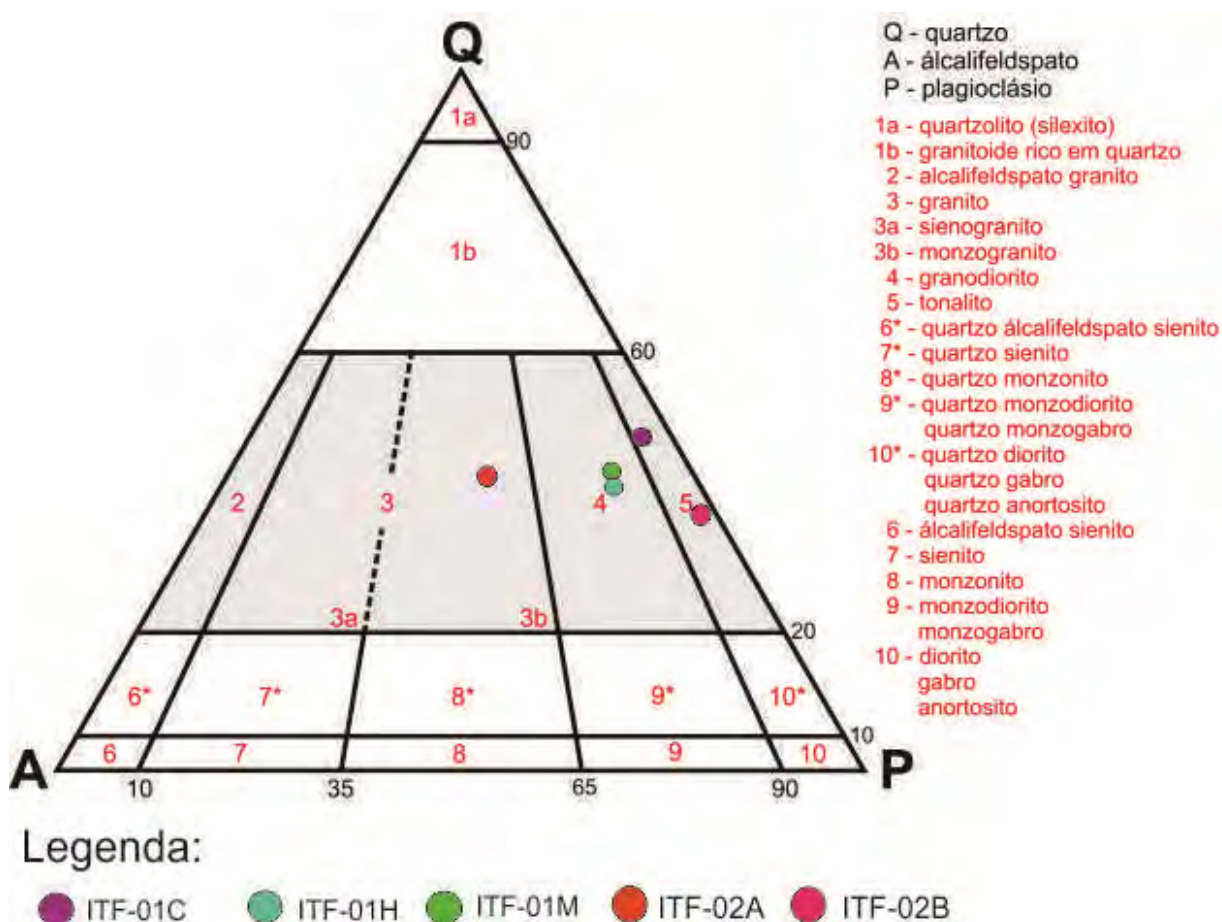
## 4.5.2 GRANITOIDES

A maioria dos granitoides estão encaixados de forma concordante a foliação, enquanto apenas um deles é discordante, de um total de cinco amostras. A contagem dos minerais existentes está expressa na **Tabela 13** abaixo. A lâmina ITF-01C está expressa com casas decimais, pois a sua contagem foi feita com o auxílio do contador de pontos do Laboratório de Petrografia do Professor Júlio César Mendes.

**Tabela 13.** Composição modal dos granitoides ao longo do Croqui 1 e 2.

	Plagioclásio	Quartzo	Microclina	Epidoto/Zoisita	Biotita	Opacos	Apatita	Zircão	Allanita	Clorita	Titanita	Hornblenda
ITF-01C	41,3	40,0	3,0	9,0	4,0	2,0	0,6	-	-	-	-	-
ITF-01H	39,0	31,0	7,0	9,0	7,0	3,0	<1	<1	<1	4,0	-	-
ITF-01M	0,5	43,0	7,0	1,0	1,0	<1	-	-	<1	<1	<1	-
ITF-02A	26,0	41,0	30,0	1,0	1,0	1,0	-	-	<1	-	-	-
ITF-02B	39,0	26,0	<1	3,0	20,0	<1	-	<1	<1	<1	1,0	11,0

Os granitoides variam de hololeucocráticos a leucocráticos, com textura equigranular fina (**Figura 76A e 76B**), com grãos variando de 0,1 a até 1,0 mm, onde os minerais máficas estão orientados formando uma foliação insipiente na rocha. Apesar de em campo serem semelhantes as características petrográficas mostram que ele varia amplamente (**Figura 75**) se encaixando no campo das rochas tonalíticas, granodioríticas e monzograníticas.



**Figura 75.** Amostras de granitoides plotadas no gráfico de Streckeisen.

Uma característica marcante que diferencia a amostra ITF-02B das demais rochas analisadas é a presença de grande porcentagem de hornblenda, com pleocroísmo verde piscina a verde claro, estando constantemente substituída a partir das bordas por biotita e clorita (**Figura 76C**). A fragmentação em cristais menores durante a deformação é uma feição observada que permitiu a substituição do seu núcleo pela biotita.

As rochas apresentam minerais como quartzo e plagioclásio muito recrystalizados devido à intensa deformação e metamorfismo. O quartzo aparece preenchendo interstícios e apresenta tamanho em torno de 0,2 mm.

A porcentagem de microclina é variada, sendo esse o principal motivo das amostras estarem plotadas em campos diferentes no diagrama QAP. Possuem tamanhos de até 1mm. Na amostra ITF-01M caracterizou-se a presença de álcali-feldspato no centro e plagioclásio na borda (**Figura 76D**), lembrando uma textura *rapackiv*.

O plagioclásio é reconhecido pela geminação polissintética e cor de interferência de baixa ordem, sendo que em alguns casos apresenta pequenos cristais de epidoto crescendo ao seu redor e em seu interior. Possui inclusões de apatita e zircão, com tamanhos submilimétricos. O zircão é ígneo, submilimétrico, com forma euédrica (**Figura 76E**) e está eventualmente cercado por epidoto.

O epidoto metamórfico possui duas formas de ocorrência: uma idioblástica com tamanho em torno de 0,2mm, e outra com hábito em forma de “agulha” e tamanho inferior. Ambos os hábitos crescem ao redor dos minerais opacos (**Figura 76F**), zircão, allanita e biotita, apesar de este último ser menos frequente. A allanita é ígnea, apresentando-se zonada e com sobre crescimento de epidoto. O epidoto também está associado a bordas e fraturas em minerais opacos e biotita.

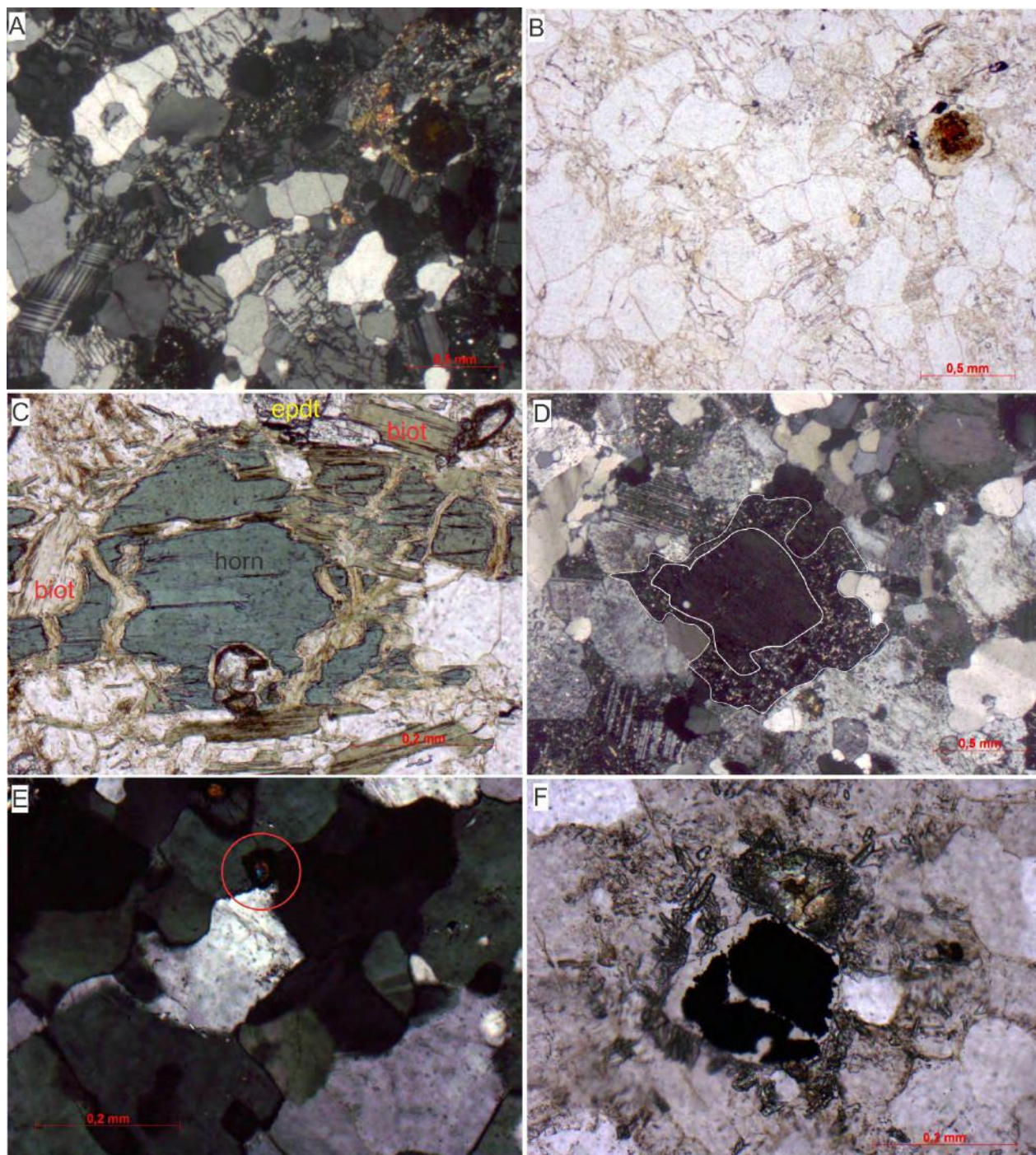
A biotita subédrica está fortemente orientada, com pleocroísmo variando de marrom a verde-claro e encontra-se localizada entre grãos de quartzo e feldspato. Os minerais opacos apresentam formas variadas, mas é frequente aparecerem com um formato quadrangular a retangular, não passando de 0,7mm.

#### 4.5.3 METAMORFISMO

São identificadas às seguintes reações metamórficas nas lâminas analisadas do croqui:

- 1) *Bleb's* de quartzo se formando durante a transformação de piroxênio em hornblenda (**Figura 74C**);
- 2) Biotita crescendo ao redor de hornblenda em anfibolitos (**Figura 71F**);
- 3) Epidotização do plagioclásio em crescimento de epidoto, zoisita/clinozoisita (**Figuras 76D e 76F**);

- 4) Sobrecrecimento de epidoto em allanita (**Figura 73B**);
- 5) Clorita sobrecrecida em biotita (**Figura 73B**);
- 6) Minerais opacos substituídos completamente ou parcialmente pela titanita (**Figuras 73A e 74D**);
- 7) Formação de titanita dentro da hornblenda (**Figura 73D**).



**Figura 76.** A e B) Visão geral da lâmina ITF-02A, NX/NP; C) Hornblenda com borda substituída por biotita e epidoto em paragênese (ITF-02B); D) Grão álcali-feldspato no centro e plagioclásio na borda (ITF-01M); E) Zircão euédrico e muito pequeno entre grãos de feldspato (ITF-01C); F) Epidoto crescendo em volta da allanita e do mineral opaco.



**CAPÍTULO 5**

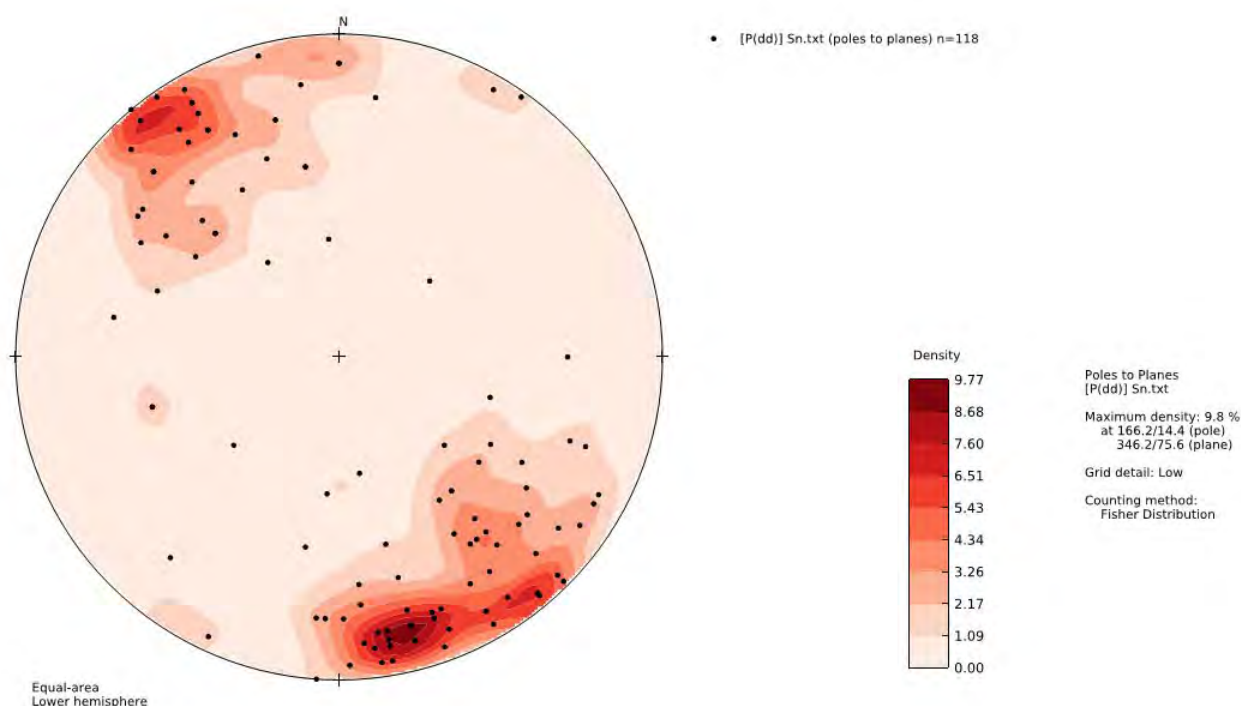
**GEOLOGIA**

**ESTRUTURAL**

## 5.1 FASES DE DEFORMAÇÃO E ZONAS DE CISALHAMENTO

Quanto à geologia estrutural, a área possui uma foliação principal ( $S_n$ ) de mergulho íngreme para NW-SE e eventualmente de baixo ângulo ( $30^\circ$ ), que caracteriza uma fase de deformação principal  $D_n$  (**Figura 77**).

A fase  $D_{n-1}$  é observada através de dobras na foliação com plano-axial paralelo a  $S_n$ , sendo  $S_n$  paralelo a  $S_{n-1}$ , contendo ainda dobras intrafoliais isoclinais em xenólitos ou bandas de anfibolito e em pegmatitos dentro das rochas gnáissicas da unidade Morro do Resende.



**Figura 77.** Projeções esterográficas mostrando os pólos dos planos de foliação  $S_n/S_{n-1}$ .

O ponto ITF-10 tem uma foliação milonítica de atitude 15/58, enquanto a foliação milonítica encontrada no ponto ITF-01 apresenta foliação para sul (ver Capítulo 4), mantendo o *strike* E-W. A zona de cisalhamento do ponto ITF-01 e ITF-02 possui indicadores cinemáticos tanto destrais quanto sinistrais em um regime dúctil-rúptil atestado por bandas anfibolíticas *boudinadas* (**Figura 78**), mostrando um caráter dúctil ao esforço, e porfiroclastos. Essas zonas por sua vez, englobam as rochas quartzo-diorítica, anfibolitos e tonalitos.

A fotografia exibida na **Figura 79** mostra a foliação principal  $S_n/S_{n-1}$  com dobras intrafoliais, cujo traço do plano axial está representado em branco e a seta vermelha representa o eixo dessas dobras. Essa fotografia foi retirada no ponto IT01-21.



**Figura 78.** Boudin de anfibolito concordante à foliação milonítica de *strike* E-W com terminação do tipo “boca-de-peixe”.

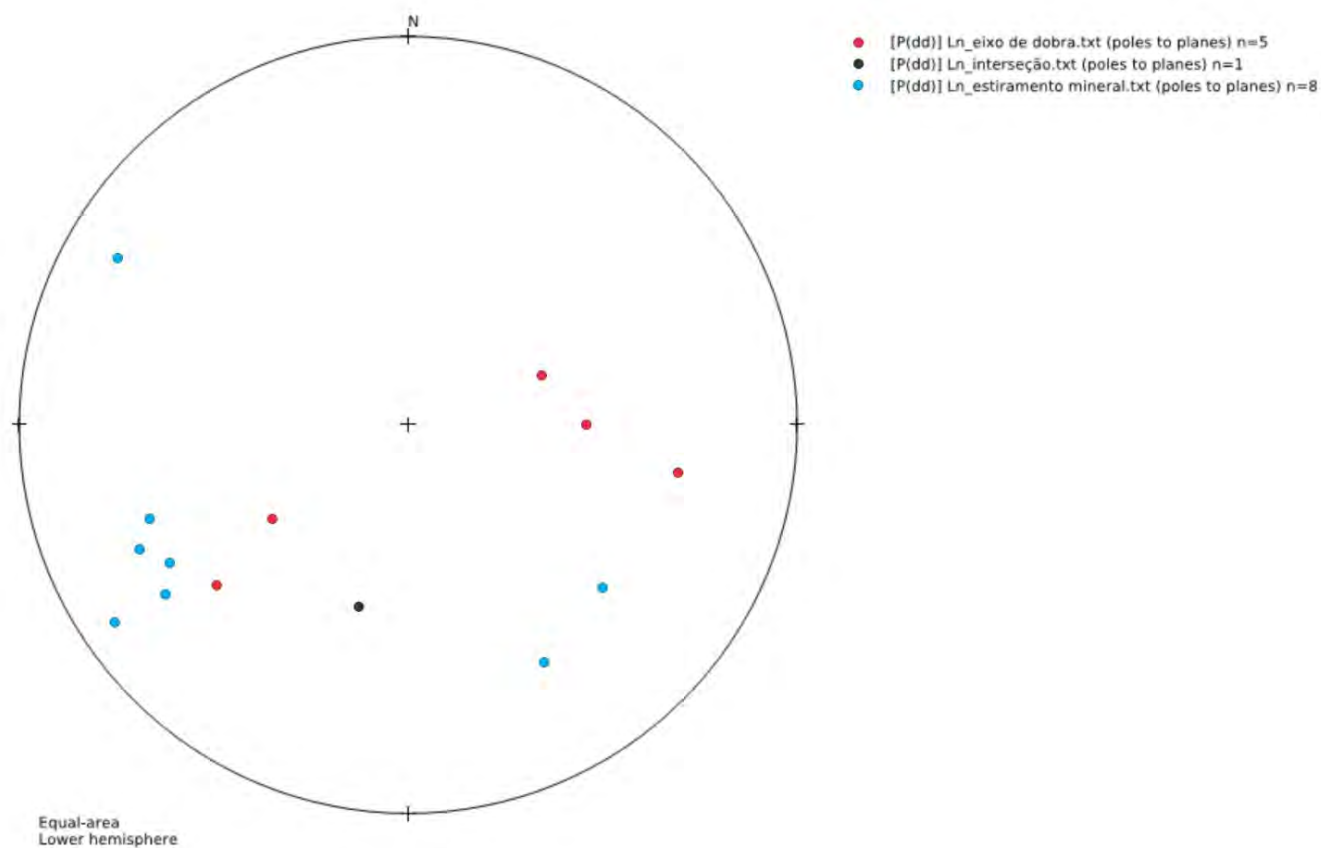


**Figura 79.** Fotografia mostrando foliação  $S_{n-1}/S_n$ . A seta vermelha está indicando o caimento do eixo para SW no ponto IT01-21.



As zonas de cisalhamento possuem extensões variadas, algumas são milimétricas e outras aparecem em escala de mapeamento, como é o caso do ponto ITF-01, e seu rumo é N-S ou W-E. Nas zonas de pequena espessura é possível perceber um caráter anastomosado e quando pequenas aparecem preenchidas por biotita e anfibólio. Aparecem cortando veios de quartzo e pegmatíticos.

Existem três tipos de lineações medidas na área, de estiramento mineral, de eixo de dobras intrafoliais de crenulação e de interseção. A lineação de estiramento mineral pode coincidir ou não com a lineação de eixo de dobra (**Figura 80**). As lineações de eixo de dobra intrafolial possuem mergulho em torno de 30° e 40° para NE (55°/45°), e para SW (260°/50°) (**Figura 80**). A variação lineação de eixo das dobras para sudoeste e nordeste caracteriza uma terceira fase deformacional ( $D_{n+1}$ ) perpendicular (ou quase) ao evento principal anterior ( $D_n/D_{n-1}$ ).



**Figura 80.** Projeções esterográficas das medidas de lineações de interseção, estiramento e eixo de dobra.

# **CAPÍTULO 6**

## **CONCLUSÃO**

## 6.1 MAPEAMENTO GEOLÓGICO

A confecção do **Anexo I – Mapa Geológico** e **Anexo II – Mapa de Pontos**, na escala 1:25.000, resultou na caracterização de sete unidades litoestratigráficas, sendo elas: *i*) Anfibolitos e rochas calciossilicáticas associadas, ambas contidas no *greenstone belt* Rio das Mortes, definido por Quéméneur & Baraud (1983), Teixeira (1991), Ávila (2000) e Toledo (2002); *ii*) Metagabros e *iii*) Rochas plutônicas ultramáficas, como clorititos, talco-xistos, clorita-xistos, sendo essas últimas ambas englobadas no complexo metapiroxenito-metagabro Manuel Inácio, caracterizado por Toledo (2002); *iv*) Ortognaisse monzogranítico Morro do Resende; *v*) Ortognaisse tonalítico Cassiterita, anteriormente estudado por Ávila *et al.* (2003); *vi*) Quartzo-diorito; *vii*) Metagranitóides de caráter sienogranítico a monzogranítico.

As rochas contidas no *greenstone belt* Rio das Mortes englobam anfibolitos, calciossilicáticas, metassedimentares, ultramáficas e máficas (Toledo, 2002). As rochas metaultramáficas e metamáficas que são encontradas no sítio de Manuel Inácio ocorrem em associação espacial no campo. A análise petrográfica dessas rochas permitiu a caracterização de cloritito, rocha formada pela alteração metamórfica-metassomática de piroxenitos. Sugere-se, portanto, que essas rochas plutônicas ultramáficas compõem, junto com as rochas gabróicas, um complexo acamado. Este complexo é intrusivo em um assoalho oceânico paleoproterozoico, representado nos anfibolitos, rochas calciossilicáticas e metassedimentares observadas por Toledo (2002) presentes a norte da área deste trabalho. Este fato é confirmado através da observação de diques intrusivos de rochas gabróicas em anfibolitos do *greenstone belt* Rio das Mortes (**Figura 16**), no ponto ITF-60.

Com exceção do ortognaisse Morro do Resende, os corpos graníticos e gnáissicos intrusivos no *greenstone belt* Rio das Mortes foram posicionados estratigraficamente levando em considerações trabalhos geocronológicos anteriores realizados por diversos outros autores (Ávila, 2000, Ávila *et al.*, 2003, Ávila *et al.*, 2006, Campos, 2004, Cherman, 2004, Teixeira *et al.*, 2008, Ávila *et al.*, 2011, Teixeira *et al.*, 2012). O posicionamento estratigráfico do ortognaisse Morro do Resende foi constatado (i) pela observação de xenólitos de anfibolitos dentro do mesmo, (ii) ocorrência de faixas de interdigitação entre o anfibolito e o ortognaisse, bem como (iii) intrusões posteriores de granitoides nas duas rochas.

O ortognaisse tonalítico Cassiterita foi geoquimicamente e geocronologicamente estudado por Ávila *et al.* (2003), apresentando uma idade Pb-Pb por evaporação de Pb em monocristal de zircão de  $2162 \pm 10$  Ma.

Apesar de não existirem trabalhos geocronológicos no corpo quartzo-diorítico, existem outros corpos com características similares na mesma região que já foram datados, como é o



caso dos dioritos Rio Grande, com  $2155 \pm 3$  Ma e Brumado, com  $2131 \pm 4$  Ma (Ávila *et al.*, 2006). O quartzo-monzodiorito Glória, encontra-se mais distante da região de Nazareno, no entanto possui características semelhantes e idade de cristalização SHRIMP em zircão um pouco mais antigas, de  $2188 \pm 29$  Ma (Ávila *et al.*, 2006). Corpos dioríticos restritos e alongados como este aparecem por toda a borda meridional do Cráton São Francisco. É possível que o corpo diorítico aflorante na área de estudo faça parte de um corpo de maior dimensão segregado por ação deformacional das diversas zonas de cisalhamento que cortam a região. Para confirmar tal hipótese é necessário ainda um estudo mais detalhado, envolvendo geoquímica e geocronologia.

A estrutura colunar, formada por uma rocha de granulação diorítica fina com núcleo muito epidotizado (ponto ITF-63) não exhibe indícios de forte deformação. Esta estrutura parece muito mais uma feição ígnea ou hidrotermal, sendo o epidoto formado posteriormente à formação da estrutura (**Figura 41**). Estruturas similares são descritas na República Tcheca em condutos de magma granítico (Žák & Klomínský, 2007).

Os metagranitóides, de composição sieno a monzogranítica, concentram na porção centro-sul do mapa, mas podem aparecer como apófises cortando as demais unidades. Campos (2004) apresentou idade U-Pb SHRIMP para essas rochas de  $2118 \pm 7$  Ma.

Em um contexto geotectônico em que as rochas encontradas foram geradas, considera-se que rochas do *greenstone belt* Rio das Mortes paleoproterozóicas foram geradas na seguinte sequência:

- a. Formação do assoalho oceânico, envolvendo rochas de natureza vulcânica e sedimentar;
- b. Posteriormente, em um regime distensivo, a expansão da placa oceânica permitiu a instalação do complexo acamadado metapiroxenito-metagabro Manuel Inácio, que gerou rochas plutônicas intrusivas no assoalho.
- c. Inversão de regime, instalando-se um regime colisional que gerou uma série de arcos magmáticos, envolvendo a fusão da crosta oceânica anterior e, talvez, um paleocontinente, apesar de não possuir fatos que corroborem com esta hipótese. As idades paleoproterozóicas encontradas para os metagranitóides, o quartzo diorito e o ortognaisse tonalítico Cassiterita são coincidentes à este ciclo orogênico, que teve seu ápice durante o Riáciano.

Foram identificadas três fases deformacionais,  $D_{n-1}$ ,  $D_n$  e  $D_{n+1}$ . Durante a fase  $D_n$  se desenvolveu a foliação  $S_n$ , que mergulha íngreme para NE ou SW. A fase  $D_{n-1}$  é observada a partir de dobras na foliação com plano-axial paralelo a  $S_n$  ( $S_{n-1}/S_n$ ), contendo ainda camadas anfíbolíticas e pegmatíticas.

O último evento deformacional ( $D_{n+1}$ ) foi identificado a partir do duplo caimento, tanto para NE quanto para SW de eixo de dobras associados à fase  $D_n // D_{n-1}$ , evidenciando evento compressional NE-SW.

## 6.2 CACHOEIRA RIBEIRÃO DO AMARAL

O estudo mais detalhado do ponto IT01-21, ITF-01 e ITF-02 permitiu a visualização de rochas de natureza distintas, são elas: 1) anfibolitos, a partir de diferentes protólitos; 2) tonalito; 3) granodiorito; 4) monzogranito. Todas essas rochas estão submetidas a esforços cisalhantes, que proporcionam uma foliação marcada e rochas extremamente bandadas, dificultando também a visualização das relações de corte entre elas. A foliação milonítica têm orientação de *strike* E-W.

São encontradas estruturas transcorrentes como *boudinage* com terminação *fish mouth* (**Figura 78**) e porfiroclastos formando sombras de esforço indicando movimentação dextral e sinistral concordante com a foliação E-W (**Figura 48**), no entanto são vistas também zonas de cisalhamento sinistral cortando a foliação das rochas (**Figura 56**). Não foi possível definir com precisão a movimentação geral dessa zona de cisalhamento, sendo necessário para tal um mapeamento estrutural mais abrangente.

Os granitoides e veios aplíticos que cortam as rochas predominantes, anfibolitos, formam dobras com plano axial paralelo (**Figuras 62 e 63**) e eixo paralelo a lineação.

## 6.3 METAMORFISMO

A idade mínima do evento metamórfico regional na região entre Lavras e São João del Rei varia entre 2121 e 2101 Ma (Ávila *et al.*, 2008), este evento foi responsável por um transporte tectônico de leste para oeste (Ávila *et al.*, 2006).

As transformações de piroxênio para anfibólio, formando microinclusões de minerais opacos e *blebs* de quartzo, crescimento de granada envolvendo hornblenda em rochas calciossilicáticas e plagioclásio epidotizado são reações comum na fácies anfibolito inferior. E são vistas nas unidades Anfibolito, Metapiroxenito-metagabro Manuel Inácio. Enquanto o crescimento de biotita substituindo hornblenda, clorita substituindo biotita e granada, actinolita substituindo hornblenda, titanita substituindo ilmenita e minerais opacos, e epidotização e sericitização do plagioclásio são reações retrógradadas de fácies xisto-verde e são vista em todas as unidades caracterizadas.

## Referências Bibliográficas

- Alkmim F.F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e revelações Ameidianas ao delimitá-lo. *In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito-Neves, B.B. (orgs.) Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca Editor, São Paulo, p.:17-35.
- Alkmim F.F. M. 1977. O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**: 349-364.
- Alkmim F.F. M., Hasuy H., Neves B.B.B., Fuck R.A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. *In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste*, **8**, Campina Grande, p.363-391.
- Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geoc.*, **7**:349-364.
- Almeida F.F.M. 1981. O cráton Paramirim e suas relações com o do São Francisco. *In: Simpósio sobre o cráton São Francisco e suas faixas marginais*, Salvador, Anais, p.363-391.
- Ávila C.A. 1992. Geologia, petrografia e geoquímica das rochas Pré-Cambrianas (unidade metadiorítica Itutinga e unidade metatondjemítica Caburu) intrusivas nas rochas do *Greenstone Belt* Barbacena, São João del Rei, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 282p.
- Ávila C.A. 2000. *Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos Paleoproterozóicos da borda meridional do cráton São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 401p.
- Ávila, C.A.; Valença, J.G.; Moura, C.A.V.; Klein, V.C. & Pereira, R.M., 2003. Geoquímica e idade do Tonalito/trondhjemitó Cassiterita, borda meridional do Cráton São Francisco, Minas Gerais. *Arquivos do Museu Nacional*, **61**(4): 267-284.
- Ávila C.A., Teixeira W., Cordani U.G., Barreto H.R., Pereira R.M., Martins V.T.S, Dunyi L. 2006. The Glória quartz-monzodiorite isotopic and chemical evidence of arc-related magmatism in the central part of the Paleoproterozoic Mineiro Belt, Minas Gerais State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **78**: 543-556.
- Ávila C.A., Cherman A.F., Valença J.G. 2008. Metamorfismo Paleoproterozóico no Cinturão Mineiro: considerações petrográficas a partir dos dioritos Brumado e Rio Grande. *Arquivos do Museu Nacional*, **66**(3-4): 631-660.
- Ávila C.A., Teixeira W., Cordani U.G., Moura C.A.V., Pereira R.M. 2010. Rhyacian (2.23-2.20 Ga) juvenile accretion in the southern São Francisco craton, Brazil: Geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt. *Journal of South American Earth Sciences*, **29**: 464-482.
- Ávila C.A., Teixeira W., Dussin I.A., Souza V.H.P., Bongioio E.M., Vasques F.S.G. 2011. Implicação tectônica da caracterização geoquímica e da idade sideriana do ortognaisse Resende Costa, estado de Minas Gerais. *In: 12º Simpósio de Geologia do Sudeste, Friburgo, Anais*, p.48.
- Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Gonçalves J.H., Vidotti R.M. 2003. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, mapas e SIG*. CPRM, Brasília, 692p.
- Bard J.B. 1985. *Microtexturas de rocas magmáticas y metamórficas*. Barcelona, Masson, 181p.



- Campos J.C.S. 2004. *O Lineamento Jaceaba-Bom Sucesso como Limite dos Terrenos Arqueanos e Paleoproterozóicos do cráon São Francisco Meridional: Evidências Geológicas, Geoquímicas (Rocha Total) e Geocronológicas (U-Pb)*. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 191p.
- Cherman A.F., 1999. Geologia e Petrografia de áreas dos *greenstone belts* Rio Capivari – Rio das Mortes e Itumirim – Tiradentes e rochas granitóides associadas, entre Nazareno e Lavras – estado de Minas Gerais). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 162p.
- Cherman A.F. 2004. *Geologia, petrologia e geocronologia de Ortognaisses Paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton São Francisco, na região entre Itumirim e Nazareno, Minas Gerais*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 401p.
- Dana J.D. (ed) 1969. *Manual de mineralogia; revisto por Cornelius S. Hurlbut, Jr., tradução de Rui Ribeiro Franco*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 642p.
- Delgado M.I., Souza J.D., Silva L.C., Filho N.C.S., Santos R.A., Pedreira A.J., Guimarães J.T., Angelin L.A.A., Vasconcelos A.M., Gomes I.P., Filho J.V.L., Valente C.R., Perrotta M.M., Heineck C.A. 2003. Geologia do Escudo Atlântico. In: Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Gonçalves J.H. (eds). *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. CPRM, Brasília, p. 227-334.
- Didier J., Barbarin B. 1991. The different types of enclaves in granites – Nomenclature. In: Didier J & Barbarin B. (eds.) *Enclaves and Granite Petrology*. Netherlands, Elsevier, p. 19-23.
- Dorado, A.C. 1989. Petrografia Básica – Texturas, Clasificación y Nomenclatura de Rocas. Madrid, Ed. Paraninfo, 143p.
- Fossen, H. 2010. *Geologia Estrutural – tradução de Fábio R.D. de Andrade*. São Paulo, Editora Oficina de Texto, 584p.
- Guerrero J.C., 2011. *Geologia do gabro Vitoriano Veloso e das rochas da suíte félsica Tiradentes, região entre Tiradentes, Vitoriano Veloso, Prados e Dolores de Campos, Estado de Minas Gerais*. Monografia de Trabalho de graduação, Instituto de Geociências, Universidade do Rio de Janeiro, 97p.
- Hartmann L.A., Endo I., Suita M.T.F. Santos J.O.S., Frantz J.C., Carneiro M.A., McNaughton N.J., Barley M.E. 2006. Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U-Pb isotopes. *Journal of South American Earth Sciences*, **20**: 273-285.
- Heilbron M., Duarte B.P., Valeriano C.M., Simonetti A., Machado N., Nogueira J.R. 2010. *Evolution of reworked Paleoproterozoic basement rocks within the Ribeira belt Neoproterozoic), SE-Brazil, based on U–Pb geochronology: Implications for paleogeographic reconstructions of the São Francisco-Congo paleocontinent*. *Precambrian Research*, **178**: 136–148.
- Le Maitre R.W. 2002. *Igneous Rocks: a Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks*. Cambridge, Cambridge University Press, 236 p.
- London D. 2008. *Pegmatites*. Québec, Mineralogical Association of Canada, 368p.

- Noce, C. M. 1987. Estudo geológico-estrutural do Grupo São João del Rei na região de Tiradentes-Barroso -Barbacena, MG e considerações sobre seu embasamento. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p.156.
- Noce C.M., Teixeira W., Quéménéur J.J.G., Martins V.T.S., Bolzachini E. 2000. Isotopic signatures of Paleoproterozoic granitoids from the southern São Francisco craton and implications for evolution of the Transamazonic Orogeny. *Journal of South American Earth Sciences*, **13**: 225-239.
- Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C., Silva L.C., Armstrong R., Piuzana D., 2007. Evolution of polycyclic basement complexes in the Araçuaí orogen, based on U–Pb SHRIMP data: Implication of Brazil-Africa links in Paleoproterozoic time. *Precambrian Research*. **159**: 60–78
- Passchier, C. & Trow, R. 1996. *Microtectonics*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p.289.
- Passamani, F.M. 2012. *Mapeamento geológico, petrografia e geoquímica preliminar do ortognaisse tonalítico Bandeira e Trondhjemitico Canoas*. Monografia de graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 98p.
- Pedreira J.F.M.A.J., Misi A., Motta A.C., Sá J.h.s. 1984. Província São Francisco. In: Almeida F.F.M. & Hasui Y. (eds). *O Pré-cambriano do Brasil*. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, p.46-122.
- Petri S., Coimbra A.M., Amaral G., Ponçano W.L. 1986. Guia de Nomenclatura Estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, **16**(4): 376-415.
- Pires F.E.M. 1978. The Archean Barbacena greenstone belt in its typical development and the itabirite distribution at the Lafaiete District. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **59**: 599-600.
- Pires F.R.M., Porto Jr. R. 1986. A mineralização de Sn-Ta-Li e o Granito Santa Rita, São João Del Rei, Minas Gerais. In: Anais do Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia Goiás, 1, Atas, p.43.
- Pires R.R.M., Ribeiro A., Barbosa M.I.M. 1990. Distribuição do greenstone belt Barbacena na região de São João Del Rei, Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, 1990. Anais... SBG. V. 1, pp. 449-460.
- Quéménéur J., Baraud E.R. 1983. Estrutura do embasamento arqueano e geologia econômica da área pegmatítica de São João del Rei – MG. In: II Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte, *Anais*, p. 449-460.
- Ribeiro A. 1983. Dados atuais do mapeamento lito-estrutural da folha Itumirim – MG. In: II Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 32, Belo Horizonte, *Anais*, p. 461-468.
- Ribeiro A., Trouw R.A.J., Paciullo F.V.P., Valença J.G. 1995. Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo brasileiro na margem sul do cráton São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **25**(4): 235-248.
- Rodrigues D.M.C. 2011. *Prospecção Geoquímica: Estaurolita, Ilmenita e Magnetita como Minerais Traçadores para depósitos do tipo VMS*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 334p.
- Seixas L.A.R., David J., Stevenson R. 2012. Geochemistry, Nd isotopes and U–Pb geochronology of a 2350 Ma TTG suite, Minas Gerais, Brazil: Implications for the crustal evolution of the southern São Francisco craton. *Precambrian Research*, **196-197**: 61-80.

- Silva L.C., Armstrong R., Noce C.M., Carneiro M.A., Pimentel M., Pedrosa-Soares A.C., Leite C.A., Vieira V.S., Silva M.A., Paes V.J.C., Cardoso Filho J.M. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte II: orógeno Araçuai, cinturão Mineiro e cráton São Francisco Meridional. *Revista Brasileira de Geociências*, **32**(4):513-528.
- Silva M.M. 2011. *Geologia da região próximo a Dolores de Campos, Estado de Minas Gerais e estudo do granito Gentio*. Monografia de graduação, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 95p.
- Spry A. 1969. *Metamorphic Texture*. Austrália. Pergamo Press. 1º edição, 350p.
- Stohler R.C. 2011. *Mapeamento geológico, petrografia e geoquímica preliminar do ortognaisse granítico São Tiago, estado de Minas Gerais*. Monografia de graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 123p.
- Streckesein A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth-Science Review*, 12: 1-33.
- Teixeira W., Figueiredo M.C.H. 1991. An outline of Early Proterozoic crustal evolution in the São Francisco craton, Brazil: a review. *Precambrian Research*, **53**: 1-22.
- Teixeira W., Carneiro A.M., Noce C.M., Machado N., Sato K., Taylor P.N. 1996. Pb, Sr and Nd isotope constraints on the Archean evolution of gneissic-granitoid complexes in the Southern São Francisco Cráton, Brazil. *Precambrian Research*, **78**: 151-164.
- Teixeira W., Sabaté P., Barbosa J., Noce C.M., Carneiro M.A. 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of São Francisco craton, Brazil. In: U.G.
- Teixeira W., Ávila C.A., Nunes L.C. 2008. Nd-Sr Isotopic Geochemistry and Geochronology of the Fé Granitic Gneiss and Lajedo Granodirite: implications for paleoproterozoic Evolution of the Mineiro Belt, Southern São Francisco Craton, Brazil. *Revista do Instituto de Geociências, USP*, 8(1): 53-74.
- Teixeira W., Ávila C. A., Souza V. H. P., Dussin, I., Bongiolo, E. M., Rigueti, A. L.; Pinho R. E. 2012. Caracterização de arco magmático sideriano no cinturão Mineiro a partir do ortognaisse Resende Costa e rochas coevas. In: SBG, 46º Congresso Brasileiro de Geologia, Atas, 1., p. 1-2.
- Toledo C.L.B. 2002. *Evolução geológica das rochas máficas e ultramáficas no Greenstone Belt Barbacena, região de Nazareno, MG*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 307 p.
- Trouw, R. A. J.; Ribeiro, A. & Paciullo, F. V. P. 1986. Contribuição à geologia da folha Barbacena 1:250.000. Anais do 34º Congresso Brasileiro de Geologia Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia, 2:972-986 p.
- Trouw R.A.J., Heilbron M., Ribeiro A., Paciullo F.V.P., Valeriano C.M., Almeida J.C.H., Tupinambá M., Andreis R.R. 2000. The central segment of the Ribeira belt. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. (eds). *Tectonic Evolution of South America, 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro*, pp.287-310, 854 pp.
- Trouw, R.A., Passchier C.W., Wiersman, D.J. 2010. *Atlas of Mylonites – and related microstructures*. Berlin, Editora Springer, 322p.



- Uchoa, J.C.F. 2006. *Análise espacial dos corpos plutônicos do Cinturão Mineiro através da integração de dados geológicos, aerogeofísicos e geoquímicos*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 176p.
- Vasques F.S.G., Ávila C.A., Teixeira W., Mendes J.C., Guimarães E.H.A. 2010. Caracterização petrográfica, geoquímica e isotópica de anfibolitos do *greenstone belt* Rio das Mortes, estado de Minas Gerais. *In: 45º Congresso Brasileiro de Geologia*, Belém, Anais, p. 58.
- Williams H., Turner F., Gilbert C.M. 1970. Petrografia. *In: Textura e classificação de rochas ígneas* (eds.) USP, p.13-38.
- Yarley, B.W.D. 2004. *Introdução à petrologia metamórfica – tradução de Reinhardt Adolfo Fuck*. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 432p.
- J. Žák & J. Klonínský. 2007. Magmatic structures in the Krkonoše-Jizera Plutonic Complex, Bohemian Massif: evidence for localized multiphase flow and small-scale thermal-mechanical instabilities in a granitic magma chamber. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **164**: 254–267.



# ANEXO I - MAPA GEOLÓGICO

Fabiana Franco de Vasconcelos

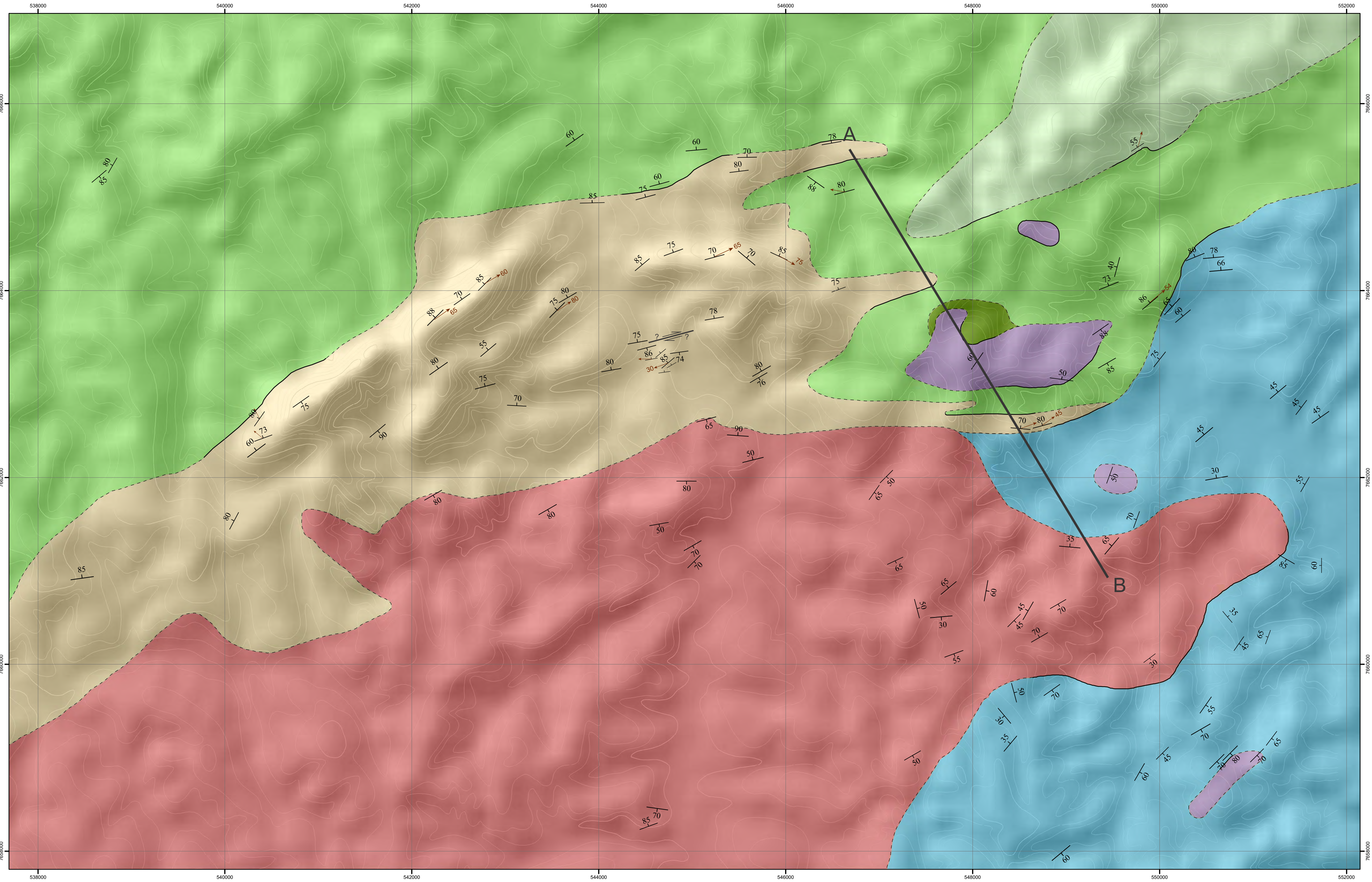
MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PETROGRAFIA DAS ROCHAS À  
OESTE DE CONCEIÇÃO DA BARRA DE MINAS,  
ESTADO DE MINAS GERAIS.



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Centro de Ciências da Matemática e da Natureza  
Instituto de Geociências  
Departamento de Geologia

**Orientador:** Everton Marques Bongioiolo  
(Dpt. Geologia-UFRJ)

**Coorientador:** Ciro Alexandre Ávila  
(Dpt. de Mineralogia - Museu Nacional)



## Convenções Geológicas Coluna Estratigráfica

- Metagranitóide ( $2118 \pm 7$  Ma - Campos, 2004)
- Quartzito - diorito ( $2155 \pm 3$  Ma - Ávila *et al.*, 2006)
- Ortognaisse Cassiterita ( $2162 \pm 10$  Ma - Ávila *et al.*, 2003)
- Ortognaisse Morro do Resende

## Metapiroxenito-metagabro Manuel Inácio

- Metaultramáficas
- Metagabro

## Greenstone belt Rio das Mortes

- Anfibolito

## Legenda Estrutural

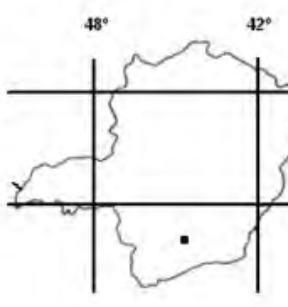
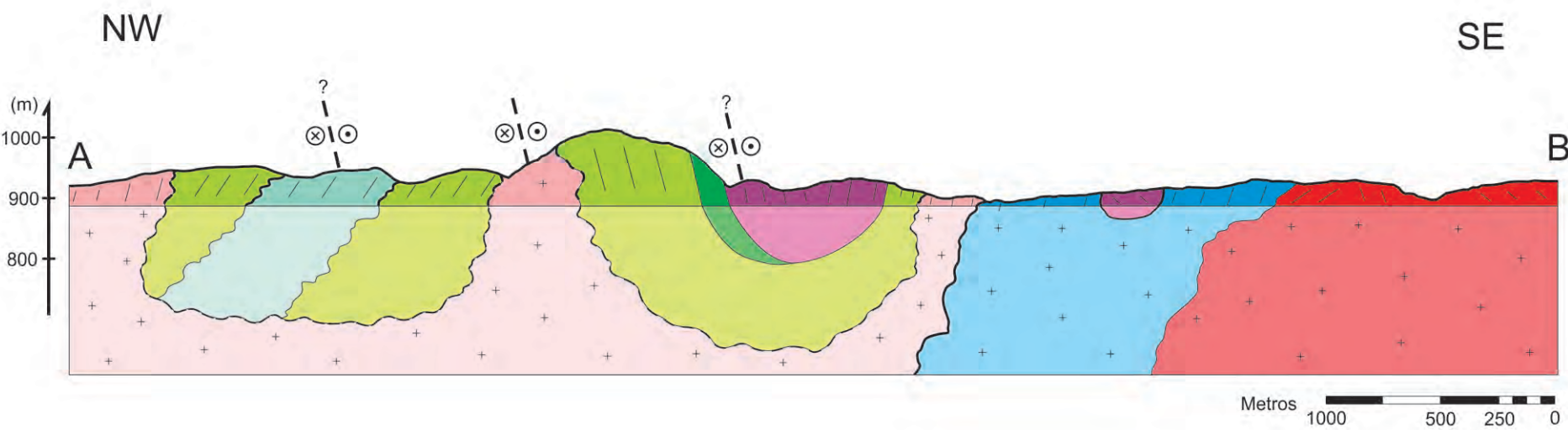
- Lineação
- Foliação
- Zona de Cisalhamento

## Contatos

- Contato Observável
- Contato Inferido

## Convenções Cartográficas

- Curva Altimétrica



SANTO ANTÔNIO DO AMPARO	SÃO TIAGO	JACARAND IRA
LAVRAS	NAZARENO	SÃO JOÃO DEL REI
ITUMIRIM	ITUTINGA	MADRE DE DEUS DE MINAS

Escala 1:25.000  
Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
Porção centro-sul da folha de Nazareno (SF-23-X-C-1-2)  
em escala 1:50.000 do IBGE (1975).



# ANEXO II - MAPA DE PONTOS

Fabiana Franco de Vasconcelos

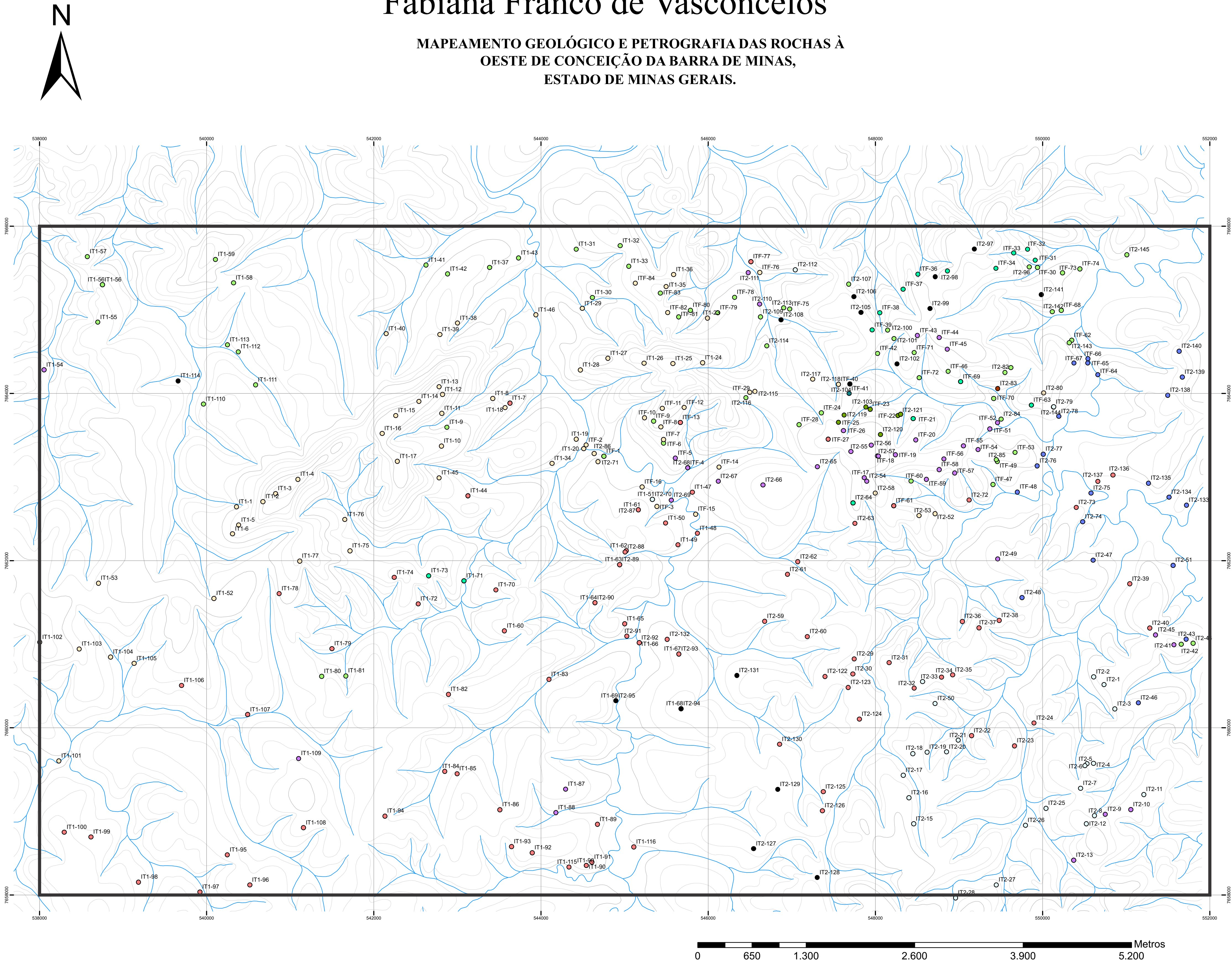
MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PETROGRAFIA DAS ROCHAS À  
OESTE DE CONCEIÇÃO DA BARRA DE MINAS,  
ESTADO DE MINAS GERAIS.



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Centro de Ciências da Matemática e da Natureza  
Instituto de Geociências  
Departamento de Geologia

**Orientador:** Everton Marques Bongioiolo  
(Dpt. Geologia-UFRJ)

**Coorientador:** Ciro Alexandre Ávila  
(Dpt. de Mineralogia - Museu Nacional)



## Legenda de Pontos

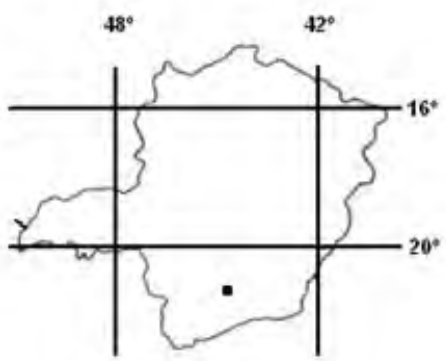
- Gnaiss não identificado
- Ponto de controle
- Metagranitóide
- Quartzo-diorito
- Ortognaisse Cassiterita
- Ortognaisse Morro do Resende

## Metapiroxenito-metagabro Manuel Inácio

- Metaultramáfica
- Metagabro
- Greenstone belt** Rio das Mortes
- Anfibolito
- Calciossilicáticas

## Convenções Cartográficas

- Curva Altimétrica
- Hidrografia



SANTO ANTÔNIO DO AMPARO	SÃO TIAGO	JACARAND IRA
LAVRAS	NAZARENO	SÃO JOÃO DEL REI
ITUMIRIM	ITUTINGA	MADRE DE DEUS DE MINAS

Escala 1:25.000  
Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum horizontal: Córrego Alegre, MG  
Porção centro-sul da folha de Nazareno (SF-23-X-C-1-2)  
em escala 1:50.000 do IBGE (1975).



**ANEXO III - TABELA DE PONTOS**

PONTO	X	Y	UNIDADE	SN_AZ	SN_DIP	LN_AZ	LN_DIP	OBSERVAÇÃO	AMOSTRAS	DESCRIÇÃO
IT01-1	540359	7662642	ortognaisse Morro do Resende	305	80	330	60	lineação estiramento mineral	1	Lajedo de gnaiss fino a médio hololeucocrático com alteração de cor alaranjada, composto predominantemente por quartzo e feldspato. Biotita ocorre em agregados e marcam a foliação.
IT01-2	540675	7662705	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		1	Blocos <i>in situ</i> pouco alterados onde a rocha apresenta magnetitas milimétricas, menor quantidade de biotita e foliação rara.
IT01-3	540826	7662800	ortognaisse Morro do Resende	145	75	0	0		0	Rocha também contém bastante magnetita mas a foliação é bem marcada por cristais de quartzo estirados em fitas e por pouca biotita.
IT01-4	541094	7662972	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Rocha também contém bastante magnetita mas a foliação é bem marcada por cristais de quartzo estirados em fitas e por pouca biotita.
IT01-5	540385	7662424	ortognaisse Morro do Resende	340	73	310	55	lineação estiramento mineral	0	Lajedo semelhante ao do pto IT01-1 sendo neste os agregados de biotita centimétricos. Entre este ponto e o primeiro foi encontrada rocha fina mais máfica tabular cortando a foliação, parece dique.
IT01-6	540311	7662318	ortognaisse Morro do Resende	323	60	0	0		0	Blocos descendo a enconsta até próximo à drenagem, também com magnetita.
IT01-7	543629	7663883	ortognaisse Morro do Resende	330	85	56	80	lineação estiramento mineral	1	Gnaiss com menos biotita e mais magnetita bem formada com veios de quartzo acompanhando a foliação
IT01-8	543423	7663939	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Gnaiss com muito menos biotita, hololeucocrático, magnetitas bem formadas e quartzo alaranjado.
IT01-9	542876	7663594	anfíbolito	0	0	0	0		1	Rocha de granulação fina com quartzo, feldspato, biotita e granada. Parece anfíbolito mas pode ser um gnaiss mais máfico com granada.
IT01-10	542811	7663369	ortognaisse Morro do Resende	320	55	0	0		1	Afloramento de blocos <i>in situ</i> de ortognaisse
IT01-11	542815	7663760	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Blocos próximo ao topo e lajedos de gnaiss
IT01-12	542822	7663986	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Topo da serra na borda oeste para estrada com blocos de quartzo de veios concordantes com a foliação espalhados pelo ortognaisse. Quartzos estirados marcam a lineação. Pouca biotita, presença de magnetita.
IT01-13	542782	7664078	ortognaisse Morro do Resende	315	85	60	60	lineação estiramento mineral	0	Semelhante ao ponto anterior.
IT01-14	542541	7663903	ortognaisse Morro do Resende	325	70	0	0		0	Afloramento em lajedo de gnaiss com pouca biotita.
IT01-15	542265	7663734	ortognaisse Morro do Resende	315	88	55	65	lineação estiramento mineral	0	Afloramento na crista da serra próximo a sela, com foliação marcada pelo quartzo e pela presença de magnetita em agregados e pouca biotita.
IT01-16	542100	7663520	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Blocos <i>in situ</i> do veio de quartzo e albita
IT01-17	542284	7663186	ortognaisse Morro do Resende	325	80	0	0		0	Lajedo grande de gnaiss até o paredão de frente para oeste.
IT01-18	543573	7663828	ortognaisse Morro do Resende	315	75	0	0		0	Afloramento em lajedo do gnaiss apresentando foliação marcante .
IT01-19	544422	7663452	ortognaisse Morro do Resende	350	75	0	0		1	Afloramento de gnaiss pouco intemperizado, descendo alguns metros encontramos blocos de anfíbolito composto quartzo, biotita, plagioclásio, pirobólio e granada.
IT01-20	544512	7663337	ortognaisse Morro do Resende	350	85	0	0		0	Afloramento na beira do rio ortognaisse, lentes de anfíbolito <i>boudinados</i> .
IT01-21	544754	7663247	ortognaisse Morro do Resende	330	80	0	0		1	Afloramento na cachoeira, ortognaisse com veios de quartzo , diques de anfíbolito <i>boudinados</i> e bem marcados pela erosão diferenciada, ocorre uma zona de cisalhamento paralela a foliação e de movimento destrál. Xenólitos de um outro ortognaisse mais máfico de IC 60 estão também deformados nesta zona de cisalhamento.
IT01-22	544636	7663281	ortognaisse Morro do Resende	320	85	0	0		0	Afloramento de milonito com níveis ultramilonítico, com indicadores cinemáticos de feldspato mostrando o movimento destrál, dobras D <sub>n-1</sub> e dobras em bainha nos veios de quartzo.

IT01-23	545994	7664900	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Afloramento de bloco do ortognaisse no meio do saprólito de coloração esbranquiçada.
IT01-24	545935	7664365	ortognaisse Morro do Resende	25	85	120	75	lineação estiramento mineral	0	Afloramento de ortognaisse na subida da serra.
IT01-25	545579	7664355	ortognaisse Morro do Resende	40	70	0	0		0	Afloramento de ortognaisse no topo do morro.
IT01-26	545234	7664359	ortognaisse Morro do Resende	345	70	65	65	lineação estiramento mineral	0	Afloramento de ortognaisse no início da descida da serra.
IT01-27	544802	7664419	ortognaisse Morro do Resende	340	75	0	0		0	Afloramento de ortognaisse seguindo pela crista da serra.
IT01-28	544471	7664279	ortognaisse Morro do Resende	320	85	0	0		0	Afloramento de lajeado de ortognaisse com veios de quartzo cortando a foliação.
IT01-29	544494	7665015	ortognaisse Morro do Resende	345	75	0	0		0	Lajeado pequeno na drenagem próxima a estrada.
IT01-30	544616	7665145	anfibolito	345	60	0	0		1	Rocha verde muito fina alterada aparentemente crenulada, aparentemente ultramáfica
IT01-31	544424	7665723	anfibolito	0	0	0	0		0	Plantação de eucalipto o solo se encontra muito avermelhado.
IT01-32	544949	7665764	anfibolito	0	0	0	0		0	Saindo da plantação e próximo ao cafezal o solo parece mais claro.
IT01-33	545051	7665519	anfibolito	355	60	0	0		1	Afloramento no chão da trilha da mesma rocha verde do ponto IT01-30, logo ao lado encontrado bloco de anfibolito fresco bem foliado.
IT01-34	544132	7663162	ortognaisse Morro do Resende	350	80	0	0		0	Saprólito do gnaiss no corte da estrada principal, cor rosada de alteração dos feldspatos.
IT01-35	545498	7665277	ortognaisse Morro do Resende	353	80	0	0		0	gnaisse alterado no chão da estrada ainda com magnetita
IT01-36	545587	7665419	ortognaisse Morro do Resende	359	70	0	0		0	lajeado do gnaiss bem alterado, feldspatos ficaram brancos e o quartzo amarelado.
IT01-37	543385	7665504	anfibolito	0	0	0	0		0	Aparentemente solo de rocha máfica, vermelho escuro.
IT01-38	543003	7664840	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Blocos com aproximadamente 50cm do ortognaisse, acima da drenagem, proxima ao solo escuro mais a norte
IT01-39	542790	7664702	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Contato observado pela diferença de cor do solo, mais claro ao sul, quando terminou o cafezal.
IT01-40	542149	7664713	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	contato observado pela diferença de cor do solo, um lado mais claro (esbranquiçado) e o outro apresentando um vermelho forte
IT01-41	542626	7665534	anfibolito	0	0	0	0		0	ponto em solo muito avermelhado, na trilha para a estrada.
IT01-42	542885	7665428	anfibolito	0	0	0	0		1	Ponto em solo muito avermelhado na propriedade do Antonio, presença de veios de quartzo com oxido associado.
IT01-43	543733	7665618	anfibolito	325	60	0	0		0	Ponto em corte de estrada de saprólito de rocha com Mn associado.
IT01-44	543128	7662775	ortognaisse Morro do Resende	3	70	0	0		1	Blocos do gnaiss bem alterados aparentemente <i>in situ</i> , com cristais medios xenomórficos e alterados, biotita e magnetita marcam a foliação em agregados separados.
IT01-45	542783	7662988	ortognaisse Morro do Resende	345	75	0	0		1	Lajedos grandes do gnaiss na encosta próximo ao topo, com capa de alteração alaranjada e esfoliação esferoidal.
IT01-46	543940	7664939	ortognaisse Morro do Resende	358	85	0	0		6	Afloramento localizado abaixo da ponte no rio da cachoeira, gnaiss da serra com biotita e magnetita marcando a foliação, presença de diques de anfibolito truncando a foliação com baixo ângulo ( $S_n 345/80$ ). O anfibolito é bem escuro, fino e alterado apresenta coloração esverdeada e plagioclásio caolinizado, marcando a foliação. Uma outra rocha apresenta textura granítica, quartzo, muito plagioclásio e IC de 5%, os máficos estão levemente alinhados prováveis cristais de anfibólio cloritizado, enquanto os plagioclásios estão epidotizados. A rocha possui piritita e magnetita e a relação temporal com o gnaiss não foi definida.
IT01-47	545811	7662817	metagranitoide	0	0	0	0		0	Ponto próximo a estrada para leste da cachoeira solo amarronzado.
IT01-48	545872	7662325	metagranitoide	0	0	0	0		0	Após cruzar o rio o solo continua o mesmo.

IT01-49	545640	7662187	ortognaisse Morro do Resende	346	50	0	0		4	Encosta da fazenda na parte sul, depois de atravessar o rio, encontrado blocos <i>in situ</i> e pequeno lajedo com solo marrom ao redor. Metagranitoide médio alterado com IC 7 de biotita sendo cloritizada, muito plagioclásio como fenocristal ipidiomórfico de até 2cm, apresenta também magnetita, quartzo e pouca granada, minerais com halos de alteração podendo ser allanita. A rocha apresenta níveis mais deformados com bandas milimétricas de plagioclásio, lentes de tamanho variado de anfibolito foliado com magnetita. Veios de quartzo e pegmatitos cortam a rocha.
IT01-50	545492	7662448	metagranitoide	4	90	0	0		0	Afloramento de bloco aparentemente "in situ", do metagranitoide de granulometria média a grossa com fenocristais de plagioclásio
IT01-51	545333	7662732	metagranitoide	0	0	0	0		1	Blocos do metagranitoide, com os fenocristais de plagioclásio hipidiomórficos
IT01-52	540089	7661547	ortognaisse Morro do Resende	298	80	0	0		1	Encosta da estrada na parte oeste da serra, lajedos bem sujos e alterados. Na maior parte do afloramento parece granito mas em contrapartida a foliação é nítida em outros locais mais marcada pela biotita, também contém pouca magnetita.
IT01-53	538707	7661729	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Solo marrom no cafezal e na estrada
IT01-54	538055	7664281	metaultramáfica						2	Estrada na próximo a casas filito ultramáfico com brilho sericitico e cor rosa, muito crenulado.
IT01-55	538700	7664850	anfibolito	0	0	0	0		0	Solo avermelhado em toda a estrada da floresta de eucalipto.
IT01-56	538754	7665299	anfibolito	300	80	0	0		2	No corte de estrada , afloramento de saprólito do filito sem quartzo com dobras isoclinais redobradas por dobras suaves com muito manganês possível gondito
IT01-57	538754	7665299	anfibolito	140	85	0	0		2	Semelhante ao ponto anterior.
IT01-58	538575	7665634	anfibolito	0	0	0	0		0	Solo avermelhado
IT01-59	540322	7665320	anfibolito	0	0	0	0		0	Solo avermelhado e cupinzeiros escuros
IT01-60	540108	7665600	anfibolito	0	0	0	0		1	Mina com muitas amostras de rocha dobrada, dobras em caixa, veio de quartzo preto devido a percolação de manganês.
IT01-61	543564	7661158	metagranitoide	0	0	0	0		0	Saprólito no corte de estrada cortado por pegmatito.
IT01-62	545166	7662606	metagranitoide	165	65	0	0		0	Metagranitoide com lentes de anfibolito, muito alterados, somente reconhecemos os fenocristais de plagioclásio hipidiomórficos e anfibolito foliado com alteração alaranjada.
IT01-63	545022	7662117	metagranitoide	0	0	0	0		0	Rocha muito alterada, coloração esverdeada, com Mn, parece gondito ou filito esverdeado. Mais acima, ocorrência de metagranitóide saprolitizado.
IT01-64	544942	7661951	metagranitoide	180	80	0	0		0	Blocos <i>in situ</i> pouco alterados de metagranitoide.
IT01-65	544647	7661495	metagranitoide	170	50	0	0		1	Afloramento no chão da trilha de blocos menos alterados de anfibolito e metagranitoide. IC aproximadamente 10 marcada por biotita, granulação média e muito plagioclásio.
IT01-66	545002	7661243	metagranitoide	150	70	0	0		0	Afloramento em lajedo em frente ao campinho. Biotita marca a foliação levemente, quartzo xenomórfico e hialino, plagioclásio bem formado, granulação média a grossa.
IT01-67	545176	7661017	metagranitoide	0	0	0	0		0	Afloramento em bloco de metagranitoide bastante alterado na encosta da drenagem.
IT01-68	545651	7660882	metagranitoide	0	0	0	0		0	Estrada com solo claro e blocos de metagranitoide.
IT01-69	545676	7660228	metagranitoide	0	0	0	0		0	Solo claro na trilha do eucaliptal.
IT01-70	544897	7660322	metagranitoide	0	0	0	0		0	Solo claro, provavelmente indicando metagranitoide
IT01-71	543461	7661648	metagranitoide	150	80	0	0		1	Afloramento em corte de estrada de saprólito de metagranitoide com lentes de rocha máfica com cor de alteração alaranjada. Saprólito cortado por pegmatito.



IT01-72	543079	7661757	metagranitoide	0	0	0	0	0	Solo claro e blocos de metagranitoide alterado e anfibolito um pouco fresco. Predominância de anfibolito e mais ao norte predominância de metagranitoide
IT01-73	542532	7661481	quartzo diorito	0	0	0	0	1	Predomínio de grandes blocos de quartzo-diorito frescos a muito alterados até o topo do morro. Do topo do morro para leste predomínio de pequenos blocos de metagranitoide muito alterado. Anfibolito composto por quartzo xenomórfico hialino (5%), plagioclásio um pouco alterado, e anfibolios bem formados. Granulação grossa, sem foliação.
IT01-74	542658	7661818	metagranitoide	0	0	0	0	0	Blocos alterados de metagranitoide.
IT01-75	542245	7661798	metagranitoide	150	80	0	0	0	Afloramento no chão da trilha muito podre
IT01-76	541715	7662116	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Ponto de controle provavelmente próximo ao contato
IT01-77	541654	7662490	ortognaisse Morro do Resende	140	90	0	0	0	Blocos de 1,5m de gnaiss alterado com poucos máficos (<10%) com foliação marcada pela biotita e magnetita. Plagioclásio e quartzo estão alongados com a foliação.
IT01-78	541114	7661994	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Ponto de controle na porteira no alto da estrada, solo com a coloração marrom clara.
IT01-79	540870	7661603	metagranitoide	0	0	0	0	0	Ponto de controle no pasto, ainda com o solo na coloração marrom claro.
IT01-80	541500	7660946	metagranitoide	0	0	0	0	0	Ponto de controle no pasto, cupinzeiros com uma coloração marrom claro alternando para avermelhado, prováveis lentes de anfibolito mudando a coloração do solo.
IT01-81	541378	7660616	anfibolito	0	0	0	0	0	Afloramento de anfibolito na estrada, muitos blocos na drenagem.
IT01-82	541666	7660620	anfibolito	0	0	0	0	0	Afloramento na trilha perto do bambuzal, depois de cruzar o portão. Metagranitoide muito alterado, com pegmatito cortando o corpo.
IT01-83	542894	7660400	metagranitoide	0	0	0	0	0	Ponto de controle na estrada. Solo ainda com a coloração característica do metagranitoide.
IT01-84	544096	7660580	metagranitoide	0	0	0	0	0	Ponto de controle, na estrada chegando no ponto de encontro.
IT01-85	542851	7659479	metagranitoide	0	0	0	0	0	Ponto de controle na fazenda, solo mais claro sem afloramento.
IT01-86	542998	7659449	metagranitoide	0	0	0	0	0	Afloramento muito alterado de metagranitoide, acima do curral da fazenda.
IT01-87	543509	7659020	metagranitoide	0	0	0	0	0	Ponto de controle na bifurcação, no alto da estrada da fazenda. Solo amarronzado sem afloramento ao longo do pasto.
IT01-88	544297	7659265	metaultramáfica	0	0	0	0	0	Ponto de controle na estrada após o cafezal cruzando a porteira e início da descida, o solo está mais escuro.
IT01-89	544179	7658985	metaultramáfica	0	0	0	0	0	Afloramento de saprólito de metagranitoide, próximo a drenagem o solo apresenta uma cor muito mais avermelhada, mostrando que esse metagranitoide pode conter lentes de rocha máfica. No caminho foram encontrados blocos de filito sem quartzo.
IT01-90	544676	7658845	metagranitoide	0	0	0	0	0	Ponto de controle ao cruzar a porteira em direção ao topo do pasto, onde ocorre um grande veio de quartzo.
IT01-91	544544	7658352	metaultramáfica	340	85	0	0	1	Afloramento de grande veio de quartzo encaixado em um filito avermelhado, com leve dobramento suave da foliação com presença de manganês e pirita. Ocorre também um afloramento de saprólito de metagranitoide.
IT01-92	544544	7658352	metagranitoide	188	70	0	0	0	Ponto de controle no pasto próximo a estrada, solo claro.
IT01-93	544610	7658393	metagranitoide	0	0	0	0	0	Ponto de controle próximo a estrada com eucaliptos, solo claro.
IT01-94	543897	7658505	metagranitoide	0	0	0	0	0	Solo claro pelo pasto.
IT01-95	543648	7658579	metagranitoide	0	0	0	0	0	Semelhante ao ponto anterior.
IT01-96	542134	7658943	metagranitoide	0	0	0	0	0	Ponto de controle próximo a estrada principal, saindo do pasto, continua solo claro.

IT01-97	540249	7658480	metagranitoide	0	0	0	0	0	Ponto de controle saindo da fazenda do Gilson, após atravessar a drenagem pela barragem.
IT01-98	540517	7658119	metagranitoide	0	0	0	0	0	Solo claro pelo pasto.
IT01-99	539921	7658035	metagranitoide	0	0	0	0	0	Blocos <i>in situ</i> na encosta após a drenagem. Rocha clara sem foliação e critais com aproximadamente 4mm e muitos fenocristais hipidiomórficos de plagioclásio de até 8mm. Agregados de biotita com halo alaranjado em volta. Quartzo compõe 20% e o IC 5.
IT01-100	539186	7658154	metagranitoide	0	0	0	0	0	Atravessando a drenagem para NW, próximo ao cafezal em frente a uma fábrica, solo continua marrom claro.
IT01-101	538617	7658694	metagranitoide	0	0	0	0	0	Solo escuro
IT01-102	538297	7658750	metagranitoide	0	0	0	0	0	Pasto com solo claro e alguns formigueiros avermelhados.
IT01-103	538234	7659603	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Mata a leste da estrada e pasto a oeste, solo continua claro.
IT01-104	538006	7661023	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Solo claro ao lado do eucaliptal próximo a estrada. Mais ao norte lajedo e grandes blocos do ortognaisse visto na serra com foliação incipiente com medida duvidosa de S <sub>n</sub> 5/90.
IT01-105	538478	7660942	ortognaisse Morro do Resende	352	85	0	0	0	A sudeste blocos >2m do gnaiss fresco a alterado com esfoliação esferoidal, IC 5, muito quartzo e mais magnetita que biotita.
IT01-106	538851	7660846	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Blocos <i>in situ</i> de gnaiss e blocos arredondados de diabásio com alteração alaranjada.
IT01-107	539133	7660769	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Afloramento em lajedo de gnaiss com magnetita.
IT01-108	539701	7660506	metagranitoide	0	0	0	0	0	Ponto de controle com solo claro na maior parte, a avermelhado localmente.
IT01-109	540492	7660157	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	4	Lajedo próximo a drenagem > 50m2 onde são observadas pelo menos 4 rochas. Há um granito fino equigranular com quartzo amarelado de 2mm, plagioclásio com polissintética de 4mm. IC 20, formado pela biotita. Esta rocha é cortada por veio de quartzo em diferentes direções N-S e NE-SW, e tbm há pedaço de veio anterior. As dobras encontradas nos veios tem PA E-W. Aparentemente este granito fino engloba um gnaiss grosso de cor cinza claro com foliação marcada por agregados separados de biotita e IC 12, seus cristais não são bem formados e é difícil diferenciar plagioclásio e quartzo nas amostras, sua foliação S <sub>n</sub> 5/90. Mais a sul o afloramento parece metagranitoide deformado com lentes de anfibolito.
IT01-110	541159	7658805	metagranitoide	0	0	0	0	0	Blocos pequenos do filito junto com quartzo, provavelmente jogados na estrada, solo parece escuro devido as plantações.
IT01-111	541102	7659631	metaultramáfica	0	0	0	0	0	Veio de quartzo encaixado em saprólito do filito roxo metaultramáfico encontrado no ponto IT01-90. Provável direção E-W do veio.
IT01-112	539962	7663870	anfibolito	0	0	0	0	0	Solo alaranjado.
IT01-113	540587	7664102	anfibolito	0	0	0	0	0	No alto do morro nenhum afloramento, desmatado e queimado, solo vermelho escuro.
IT01-114	540381	7664496	anfibolito	0	0	0	0	0	Norte da drenagem em frente a fazendinha amarela em solo avermelhado.
IT01-115	540250	7664580	anfibolito	0	0	0	0	0	Afloramento muito alterado no corte da estrada, rocha laranja com percolação de manganês. Pode ser filito máfico.
IT01-116	539661	7664148	gossan	0	0	0	0	0	Blocos <i>in situ</i> muito alterado vermelho com mto quartzo e percolação de manganês.
IT01-117	544336	7658334	metagranitoide	0	0	0	0	3	Afloramento onde acaba a estrada na drenagem. Lajedo > 10m2 muito alterado de metagranitoide com foliação esquisita e fenocristais de plagioclásio.

IT01-118	545112	7658574	metagranitoide	0	0	0	0	2	Blocos ~1m de metagranitoide fino a médio com fenocristal de plagioclasio bem deformado. Biotita em agregados marcando a foliação.
IT02-1	550738	7660515	ortognaisse	50	35	0	0	0	Saprólito de gnaiss
IT02-2	550613	7660608	ortognaisse	0	0	0	0	0	Blocos de rocha félsica alterada com foliação e maciços
IT02-3	550867	7660226	ortognaisse tonalítico	125	45	0	0	0	Saprólito no barranco de estrada
IT02-4	550610	7659573	ortognaisse	0	0	0	0	0	Blocos de serpentinito e talco xistos possivelmente xenólitos em gnaiss
IT02-5	550534	7659570	ortognaisse	0	0	0	0	0	Blocos de anfibolitos possível xenólitos no gnaiss
IT02-6	550508	7659546	ortognaisse	125	55	0	0	0	Saprólito de gnaiss com presença de xenólito de talco xisto
IT02-7	550456	7659276	ortognaisse	150	70	0	0	0	Saprólito de gnaiss
IT02-8	550623	7658950	ortognaisse	135	70	0	0	0	Gnaiss hololeucocrático de composição granítica com granulação média e intercalações métricas de rochas metama'ficas e meta ultramáficas
IT02-9	550752	7658964	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	135	80	0	0	0	Serpentinito com pirla e magnetita
IT02-10	551057	7659021	contato gnaiss / metaultamáfica	135	70	0	0	0	Contato do serpentinito com Gnaiss
IT02-11	551213	7659202	ortognaisse	127	65	0	0	0	Lajedo de Gnaiss de composição granítica e granulação média
IT02-12	550525	7658851	ortognaisse	0	0	0	0	0	Blocos de gnaiss proximo ao topo do morro
IT02-13	550374	7658415	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	0	0	0	0	0	Colúvio vermelho escuro
IT02-14	558531	7658546	ponto de controle	0	0	0	0	0	Colúvio claro
IT02-15	548459	7658851	ortognaisse	0	0	0	0	1	Bloco de metagranitóide fino
IT02-16	548403	7659164	ortognaisse	310	35	0	0	0	Saprólito de gnaiss em voçoroca
IT02-17	548335	7659431	ortognaisse	230	30	0	0	0	Saprólito de gnaiss médio
IT02-18	548449	7659691	ortognaisse	75	50	0	0	0	Saprólito de gnaiss em voçoroca com blocos de granito deformado
IT02-19	548620	7659708	ortognaisse	0	0	0	0	0	Blocos de cloritito, talco filito, metamáfica e metagranito
IT02-20	548854	7659711	ortognaisse	145	70	0	0	0	Saprólito de gnaiss
IT02-21	548993	7659850	ortognaisse	0	0	0	0	0	Saprólito de gnaiss
IT02-22	549151	7659905	metagranitóide	0	0	0	0	0	Afloramento de metagranitóide homogêneo localmente com foliação
IT02-23	549667	7659784	metagranitóide	0	0	0	0	1	Blocos <i>in situ</i> de metagranitóide localmente foliado com pegmatitos
IT02-24	549899	7660057	metagranitóide	143	30	0	0	3	Lajedo de grande dimensão de metagranitóide de granulometria média e fina
IT02-25	550042	7659036	ortognaisse	135	45	0	0	0	Saprólito de gnaiss médio a grosso
IT02-26	549797	7658832	ortognaisse	120	60	0	0	0	Saprólito de gnaiss
IT02-27	549448	7658120	ortognaisse	0	0	0	0	0	Blocos de gnaiss
IT02-28	548962	7657965	ortognaisse	140	60	0	0	0	Lajedo de Gnaiss de composição granítica
IT02-29	547749	7660823	metagranitóide	320	65	0	0	1	Blocos <i>in situ</i> de metagranitóide holo a leucocrático, médio, localmente foliado
IT02-30	547731	7660643	metagranitóide	0	0	0	0	0	Blocos de metagranitóide muito alterados
IT02-31	548166	7660778	metagranitóide	100	60	0	0	0	Saprólito de metagranitóide grosso com foliação fraca
IT02-32	548466	7660473	metagranitóide	135	45	0	0	0	Afloramento de metagranitóide grosso com pegmatito
IT02-33	548565	7660551	ortognaisse	300	45	0	0	0	Saprólito de gnaiss grosso
IT02-34	548793	7660604	metagranitóide	0	0	0	0	0	Saprólito na estrada de metagranitóide médio
IT02-35	548925	7660631	metagranitóide	150	70	0	0	1	Lajedo de metagranitóide médio, hololeucocrático, com feldspato euédrico
IT02-36	549041	7661272	metagranitóide	5	35	0	0	1	Lajedo de metagranitóide médio, localmente grosso, hololeucocrático, com feldspato euédrico
IT02-37	549241	7661196	metagranitóide	0	0	0	0	0	Blocos <i>in situ</i> de metagranitóide
IT02-38	549481	7661283	metagranitóide	310	65	0	0	0	Saprólito de metagranitóide com xenólitos de metaultramáfica aproximadamente 2m de espessura
IT02-39	551045	7661722	metagranitóide	0	0	0	0	0	Blocos <i>in situ</i> de granitóide hololeucocrático médio deformado
IT02-40	551284	7661192	metagranitóide	0	0	0	0	1	Blocos de metagranitóide na trilha



IT02-41	551573	7660991	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	0	0	0	0		1	Blocos de clorito
IT02-42	551660	7660998	metamáfica / <i>Greenstone</i>	0	0	0	0		0	Blocos de rocha metamáfica, sem quartzo
IT02-43	551719	7661059	ortognaisse tonalítico	270	60	0	0		0	Saprólito de rocha félsica, grosso, leucocrática. Contato com ultrmáfica
IT02-44	551802	7661010	metamáfica / <i>Greenstone</i>	0	0	0	0		0	Bloco de rocha ocre muito alterada com quartzo, com veios pegmatíticos
IT02-45	551354	7661111	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	210	85	0	0		0	Saprólito de rocha ultramáfica cortada por pegmatitos
IT02-46	551147	7660297	ortognaisse tonalítico	290	65	0	0		0	Saprólito de rocha tonalítica média a grossa
IT02-47	550607	7662003	ortognaisse tonalítico	350	30	0	0		3	Lajedo de rocha tonalítica grossa
IT02-48	549755	7661557	ortognaisse tonalítico	290	70	0	0		0	Saprólito e blocos ortognaisse tonalítico
IT02-49	549465	7662018	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	110	50	0	0		0	Barranco no topo do morro de rocha metaultramáfica e veios de quartzo
IT02-50	548716	7660290	ortognaisse	330	70	0	0		3	Lajedo próximo a estrada de gnaiss médio, leucocrático de composição granítica, associado a granito fino deformado, mais a sul ultrmáfica na estrada e pedreira de gnaiss
IT02-51	551563	7661943	ortognaisse tonalítico	300	55	0	0		0	Lajedo de ortognaisse tonalítico
IT02-52	548715	7662561	ortognaisse Morro do Resende	345	80	55	35	eixo de dobra	3	Lajedo Canjica do Amaral de ortognaisse dobrado com bandas de anfibolito e veios de quartzo, localmente milonitizado
IT02-53	548524	7662536	ortognaisse Morro do Resende	5	70	70	60	lineação estiramento mineral	0	Lajedo de ortognaisse milonítico no topo do morro
IT02-54	547899	7662948	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	0	0	0	0		1	Blocos de gondito, metagabro e talco filito
IT02-55	547708	7663303	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	0	0	0	0		0	Mudança de coloração do solo vermelho-ocre
IT02-56	547952	7663380	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	0	0	0	0		0	Solo de cor avermelhada
IT02-57	548039	7663248	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	305	60	0	0		0	Bloco no topo do morro de clorita xisto com granada
IT02-58	548000	7662805	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Diferença de coloração no solo da metaultramáfica e ortognaisse
IT02-59	546677	7661274	metagranitóide	0	0	0	0		0	Solo de cor clara
IT02-60	547188	7661090	metagranitóide	155	65	0	0		0	Saprólito de granito foliado
IT02-61	546950	7661834	metagranitóide	125	65	0	0		3	Lajedo de metagranito parcialmente deformado com fraturas preenchidas por biotitas, formando zonas de cisalhamento. Com anfibolitos parelos a foliação
IT02-62	547073	7661986	metagranitóide	135	50	0	0		0	Lajedo de metagranito com veios de pegmatito dobrados com o plano axial no mesmo sentido da zona de cisalhamento, N-S
IT02-63	547757	7662443	metagranitóide	0	0	0	0		1	Bloco de metagranito na estrada
IT02-64	547733	7662690	quartzo diorito	0	0	0	0		2	Blocos de anfibolitos com presença de sulfetos, magnetitas e granada
IT02-65	547308	7663122	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	0	0	0	0		0	Bloco de Gondito
IT02-66	546656	7662903	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	0	0	0	0		0	Solo vermelho ao longo da estrada
IT02-67	546122	7662947	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	0	0	0	0		0	Solo vermelho ao longo da estrada
IT02-68	545757	7663109	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	330	80	0	0		0	Saprólito de metaultramáfica
IT02-69	545560	7662721	metaultramáfica / <i>Greenstone</i>	0	0	0	0		0	Blocos de anfibolitito
IT02-70	545333	7662732	ortognaisse	0	0	0	0		0	Blocos de metagranito ao lado da estrada
IT02-71	544684	7663183	ortognaisse Morro do Resende	352	75	0	0		0	Saprólito de Ortognaisse com níveis máficos dobrados e veios graníticos cortando
IT02-72	549122	7662723	metagranitóide	0	0	0	0		0	Bloco na estrada de metagranitóide
IT02-73	550404	7662635	metagranitóide	0	0	0	0		0	Saprólito de metagranito na estrada, foliação insipiente
IT02-74	550482	7662463	ortognaisse tonalítico	320	45	0	0		0	Lajedo de ortognaisse com granulação variando de média a grossa, com feldspato euédrico e IC 20. Foliação bem marcada.
IT02-75	550581	7662806	ortognaisse tonalítico	0	0	0	0		0	Bloco de ortognaisse médio leucocrático
IT02-76	549938	7663132	ortognaisse tonalítico	0	0	0	0		0	Afloramento de gnaiss tonalítico médio, localmente foliado, com feldspato anédrico.
IT02-77	550010	7663272	ortognaisse tonalítico	308	75	0	0		0	Lajedo ortognaisse tonalítico com feldspatos anédricos
IT02-78	550196	7663724	ortognaisse tonalítico	320	60	0	0		0	Afloramento de ortognaisse tonalítico

IT02-79	550132	7663836	ortognaisse Morro do Resende	313	65	0	0		0	Blocos <i>in situ</i> de ortognaisse com bandas máficas e próximo a blocos de anfibolito
IT02-80	550014	7664003	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Blocos de ortognaisse com foliação marcada, com granada e IC 15.
IT02-81	549621	7664307	anfibolito	0	0	0	0		0	Blocos anfibolito com 20% de granada
IT02-82	549551	7664249	anfibolito	285	40	0	0		0	Blocos <i>in situ</i> de anfibolito fino com foliação bem marcada com pirlita e quartzo
IT02-83	549465	7664057	Calciossilicáticas	338	73	0	0		0	Afloramento de intercalação de rochas calciossilicáticas e anfibolito
IT02-84	549505	7663690	anfibolito	0	0	0	0		0	Blocos de anfibolito no topo do morro
IT02-85	549448	7663205	anfibolito	150	85	0	0		0	Blocos de anfibolito na estrada
IT02-86	544754	7663247	ortognaisse Morro do Resende	320	85	250	30	eixo de dobra	0	Cachoeira de ortognaisse com bandas anfibolíticas, cortado por diques máficos e famílias de pegmatitos
IT02-87	545166	7662606	metagranitóide	165	65	0	0		0	Metagranitóide com intercalações de anfibolitos
IT02-88	545007	7662101	metagranitóide	0	0	0	0		0	Afloramento de saprólito de metagranitóide homogêneo com foliação insipiente
IT02-89	544942	7661951	metagranitóide	180	80	0	0		0	Afloramento de metagranitóide com feldspato subédrico
IT02-90	544647	7661495	metagranitóide	170	50	0	0		0	Afloramento de saprólito de metagranitóide com intercalações de anfibolitos
IT02-91	545028	7661095	metagranitóide	135	70	0	0		1	Lajedo de metagranitóide foliado com feldspato euédrico
IT02-92	545176	7661017	metagranitóide	0	0	0	0		0	Bloco de metagranitóide em baixo da ponte
IT02-93	545651	7660882	metagranitóide	0	0	0	0		0	Bloco de metagranitóide
IT02-94	545676	7660228	ponto de controle	0	0	0	0		0	Ponto de controle, solo claro
IT02-95	544897	7660322	ponto de controle	0	0	0	0		0	Ponto de controle, solo claro
IT02-96	549841	7665510	anfibolito	327	55	15	40	lineação de interseção	1	Lajedo de anfibolito melanocrática com magnetita
IT02-97	549185	7665725	ponto de controle	0	0	0	0		0	Ponto de controle, solo avermelhado
IT02-98	548717	7665395	ponto de controle	0	0	0	0		0	Ponto de controle, solo laranja
IT02-99	548654	7665013	ponto de controle	0	0	0	0		0	Ponto de controle, solo laranja
IT02-100	548149	7664756	anfibolito	0	0	0	0		0	Blocos de anfibolito fino alterados
IT02-101	548225	7664654	anfibolito	0	0	0	0		0	Blocos de anfibolito fino in situ
IT02-102	548261	7664352	ponto de controle	0	0	0	0		0	Ponto de controle, solo laranja
IT02-103	547888	7663836	gabro	0	0	0	0		1	Afloramento de metagabro grosso sem foliação aparente
IT02-104	547695	7664112	ponto de controle	0	0	0	0		0	Ponto de controle, solo laranja
IT02-105	547829	7664966	ponto de controle	0	0	0	0		0	Ponto de controle, solo laranja
IT02-106	547745	7665155	ponto de controle	0	0	0	0		0	Ponto de controle, solo laranja
IT02-107	547682	7665305	anfibolito	0	0	0	0		0	Blocos de anfibolito
IT02-108	546873	7664879	ponto de controle	0	0	0	0		0	Ponto de controle, solo laranja
IT02-109	546627	7664915	anfibolito	0	0	0	0		0	Blocos de Anfibolito ao lado da trilha
IT02-110	546615	7665066	metaultramáfica	345	80	280	60	lineação de crenulação	0	Afloramento de Saprolitos em voçoroca com níveis pegmatíticos dobrados com dobras apertadas simétricas e assimétricas. Eixo de dobras : 110/80 e 305/80
IT02-111	546481	7665444	metaultramáfica	0	0	0	0		0	Blocos de ultramáficas e máficas bem foliados
IT02-112	547044	7665478	ortognaisse	0	0	0	0		0	Blocos de ortognaisse, L-tectonitos
IT02-113	546903	7665022	anfibolito	0	0	0	0		0	Blocos de anfibolito fino
IT02-114	546702	7664568	anfibolito	0	0	0	0		0	Blocos de anfibolito fino
IT02-115	546560	7664023	ortognaisse Morro do Resende	340	75	0	0		1	Afloramento de ortognaisse hololeucocrático com magnetita e ausência de biotita
IT02-116	546453	7663947	anfibolito	0	0	0	0		0	Anfibolito muito fino
IT02-117	547251	7664168	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Afloramento de ortognaisse hololeucocrático com magnetita e ausência de biotita.
IT02-118	547560	7664108	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Afloramento de ortognaisse hololeucocrático com magnetita e ausência de biotita.
IT02-119	547627	7663739	gabro	0	0	0	0		0	Blocos de gabro, e próximo blocos de piroxenitos.

IT02-120	548061	7663506	gabro	0	0	0	0	0	Saprólito de gabro
IT02-121	548304	7663749	gabro	0	0	0	0	0	Blocos <i>in situ</i> de gabro
IT02-122	547400	7660613	metagranitóide	75	50	0	0	0	Blocos de metagranito médio e saprólito.
IT02-123	547676	7660482	metagranitóide	175	30	0	0	0	Saprólito de metagranito na estrada.
IT02-124	547810	7660103	metagranitóide	160	55	0	0	0	Saprólito de metagranito na estrada.
IT02-125	547377	7659234	metagranitóide	0	0	0	0	0	Blocos de metagranito e solo claro
IT02-126	547368	7659007	metagranitóide	150	50	0	0	0	Saprólito de metagranito.
IT02-127	546544	7658553	ponto de controle	0	0	0	0	0	Ponto de controle
IT02-128	547307	7658209	ponto de controle	0	0	0	0	0	Ponto de controle, solo claro
IT02-129	546833	7659262	ponto de controle	0	0	0	0	0	Ponto de controle
IT02-130	546856	7659803	metagranitóide	0	0	0	0	0	Blocos de metagranito
IT02-131	546344	7660626	ponto de controle	0	0	0	0	0	Ponto de controle, solo claro
IT02-132	545511	7661058	metagranitóide	0	0	0	0	0	Afloramento de metagranito
IT02-133	551723	7662662	ortognaisse tonalítico	325	45	0	0	0	Blocos <i>in situ</i> de gnaiss médio com 20% de biotita cortados por diques graníticos com granada e allanita.
IT02-134	551514	7662758	ortognaisse tonalítico	307	45	0	0	1	Bloco de 3,5m de altura de gnaiss tonalítico com intercrescimento pertítico e allanita.
IT02-135	551268	7662925	ortognaisse tonalítico	320	45	0	0	0	Voçoroca de gnaiss tonalítico.
IT02-136	550844	7663022	metagranitóide	0	0	0	0	0	Blocos de metagranito com foliação suave.
IT02-137	550664	7662945	metagranitóide	0	0	0	0	0	Contato entre metagranito e o gnaiss encaixante.
IT02-138	551500	7663977	ortognaisse tonalítico	0	0	0	0	0	Saprólito de gnaiss no canto da estrada.
IT02-139	551672	7664194	ortognaisse tonalítico	0	0	0	0	0	Bloco de ortognaisse médio.
IT02-140	551635	7664504	ortognaisse tonalítico	0	0	0	0	0	Bloco de gnaiss tonalítico médio no topo do morro.
IT02-141	549986	7665180	ponto de controle	0	0	0	0	0	Ponto de controle, cupinzeiro laranja escuro.
IT02-142	550116	7664976	anfibolito	0	0	0	0	0	Blocos de anfibolito fino.
IT02-143	550321	7664605	anfibolito	0	0	0	0	0	Blocos de anfibolito fino na encosta do morro.
IT02-144	550134	7663839	ortognaisse	0	0	0	0	0	Afloramento de ortognaisse, próximo ao contato com anfibolito.
IT02-145	551011	7665658	anfibolito	0	0	0	0	0	Blocos de anfibolito.
ITF-1	544754	7663247	ortognaisse Morro do Resende	172	74	270	38	eixo de dobra	Cachoeira Canjica do Amaral. Milonito.
ITF-2	544541	7663381	ortognaisse Morro do Resende	165	86	0	0	5	Cachoeira 2. Milonito.
ITF-3	545389	7662647	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Solo avermelhado
ITF-4	545758	7663110	metaultramáfica	150	76	0	0	0	Clorita- Filito (ultramáfica)
ITF-5	545609	7663224	metaultramáfica	0	0	0	0	0	Solo avermelhado
ITF-6	545467	7663405	anfibolito	0	0	0	0	1	Bloco de anfibolito na encosta. Composição plg. anf e granada.
ITF-7	545467	7663448	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Bloco de granitóide com magnetita
ITF-8	545434	7663598	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Bloco de granitóide com magnetita, 5m acima bloco de anfibolito.
ITF-9	545347	7663668	anfibolito	0	0	0	0	2	Blocos de anfibolito + metamáfica com mt quartzo (20%)
ITF-10	545241	7663708	ortognaisse Morro do Resende	350	78	0	0	foliação milonítica	Lajedo de metagranitoide com magnetita em zonas de cisalhamento (N80W). Níveis de acúmulo de biotita e anfibólio
ITF-11	545452	7663819	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Blocos de granitóide com manetita
ITF-12	545714	7663830	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Voçoroca avermelhada de granitóide com magnetita e pegmatitos
ITF-13	545667	7663651	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	1	Bloco de 10m de granitóide com magnetita
ITF-14	546131	7663118	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Solo claro. Entrada para fazenda
ITF-15	545851	7662555	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Solo quartzoso na drenagem
ITF-16	545211	7662879	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Bloco de granitoide com magnetita alterado
ITF-17	547869	7662989	metaultramáfica	0	0	0	0	0	Solo avermelhado
ITF-18	548025	7663250	metaultramáfica	0	0	0	0	0	Talco clorita xisto
ITF-19	548241	7663265	metaultramáfica	0	0	0	0	0	Rocha metamáfica (dique diabásio) no meio da ultramáfica. Tremolita (50%), pirobólio (25%) e quartzo (25%)
ITF-20	548486	7663444	metaultramáfica	0	0	0	0	2	Vários blocos de clorita-tremolita-talco-xisto (tremolito?)



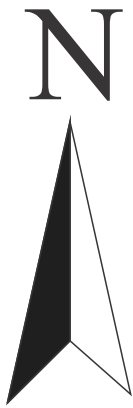
ITF-21	548453	7663696	quartzo diorito	0	0	0	0	3	Blocos de rochas tonalíticas com diferentes texturas a menos de 1m de distância. Uma bandada e outra istrópica, porém de composição parecida. 30% qtz, 25% felds, 45% anf
ITF-22	548272	7663734	metagabro	0	0	0	0	5	Blocos de anfibolito, gnaiss e gabro
ITF-23	547938	7663810	metagabro	0	0	0	0	0	Afloramento de clorita-tremolita xisto
ITF-24	547354	7663766	anfibolito	0	0	0	0	0	Ponto de controle. Solo claro com muscovitas grandes pelo chão
ITF-25	547559	7663652	metagabro			0	0	0	Voçoroca de metagabro e diabásio cortados por pegmatito de 20m de largura.
ITF-26	547620	7663553	metaultramáfica	0	0	0	0	1	Blocos de clorita-xisto ao lado da estrada
ITF-27	547438	7663451	anfibolito	0	0	0	0	1	Bloco de metagranitóide deformado composto por biotita (30), qtz (30) e felds (40)
ITF-28	547087	7663625	anfibolito	0	0	0	0	0	Bloco de diabásio
ITF-29	546497	7664013	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	metagranitóide magnetítico
ITF-30	549941	7665504	anfibolito	0	0	0	0	1	Rocha de granulação fina máfica com 15% de qtz, 15% plg, 70% com granada. Subindo a encosta a granulação muda consideravelmente chegando a média.
ITF-31	549914	7665591	quartzo diorito	0	0	0	0	1	Blocos ao longo da encosta de qtzo diorito médio e anfibolitos finos (ou qtzo diorito fino)
ITF-32	549823	7665723	quartzo diorito	0	0	0	0	0	Bloco de anfibolito
ITF-33	549656	7665678	quartzo diorito	0	0	0	0	0	Bloco de qtzo diorito
ITF-34	549443	7665495	quartzo diorito	0	0	0	0	0	Bloco de qtzo diorito
ITF-35	548864	7665463	quartzo diorito	0	0	0	0	0	Ponto de controle. Solo escuro.
ITF-36	548511	7665425	quartzo diorito	0	0	0	0	0	Ponto de controle. Parte de solo mais claro envolvido por solo escuro.
ITF-37	548332	7665245	quartzo diorito	0	0	0	0	0	Bloco de anfibolito
ITF-38	548054	7664963	quartzo diorito	0	0	0	0	1	Bloco de rocha composta por granada (10), anfibolio (20), quartzo (22), feldspato (45), epidoto (3)
ITF-39	547963	7664757	quartzo diorito	0	0	0	0	0	Blocos no vale de qtzo diorito fino.
ITF-40	547560	7664107	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0	0	Blocos in situ de metagranitóide com magnetita ~ IT02-118
ITF-41	547687	7663997		0	0	0	0		Bloco de aproximadamente 1m de quartzo diorito na estrada, granulação fina.
ITF-42	548027	7664476	anfibolito	0	0	0	0	0	Ponto de controle, solo vermelho
ITF-43	548505	7664691	metaultramáfica	0	0	0	0	0	Saprólito de coloração roxa, cortado por veios de quartzo de aproximadamente 1m de espessura.
ITF-44	548765	7664666	metaultramáfica	0	0	0	0	0	Bloco de ultramáfica na estrada, composta por filossilicatos esverdeados (clorita + talco)
ITF-45	548862	7664526	metaultramáfica	0	0	0	0	0	Bloco de ultramáfica na estrada, composta por filossilicatos esverdeados (clorita + talco)
ITF-46	548872	7664262	anfibolito	0	0	0	0	0	Ponto de controle, solo avermelhado na plantação.
ITF-47	549407	7662910	anfibolito	0	0	0	0	0	Ponto de controle, solo alaranjado próximo ao charco, atrás da fazenda da Cidinha.
ITF-48	549700	7662819	ortognaisse cassiterita	0	0	0	0	0	Contato do ortognaisse Cassiterita com o metagranitóide com magnetita.
ITF-49	549460	7663185	anfibolito	0	0	0	0	1	Bloco de anfibolito na estrada, presença de granada
ITF-50			metaultramáfica	0	0	0	0	0	Blocos de ultramáfica na estrada de cor clara, composta por tremolita (85%), pirlita + sulfetos (5%) e talco (10%)
ITF-51	549369	7663575	metaultramáfica	145	88	0	0	0	Afloramento na estrada de ultramáfica, mesma composição do ponto anterior. As ultramáficas aparecem cortadas por pegmatitos.
ITF-52	549464	7663649	metaultramáfica	0	0	0	0	0	Vários blocos de anfibolito no topo da encosta, alteração hornblendito ou piroxenito.
ITF-53	549672	7663292	anfibolito	0	0	0	0	0	Solo de alteração de rocha máfica, presença de quartzo.

ITF-54	549230	7663326	metaultramáfica	0	0	0	0		1	Blocos de tremolito + gabro
ITF-55	549054	7663372	metaultramáfica	0	0	0	0		0	Afloramento de ultramáfica na estrada, aparentemente tremolito (Solo brilhante)
ITF-56	548822	7663215	metaultramáfica	0	0	0	0		0	Bloco de metabasito ao redor de blocos de ultramáfica
ITF-57	548951	7663047	metaultramáfica	10	50	0	0		0	Lajedo de anfibolito com blocos ao redor.
ITF-58	548764	7663088	metaultramáfica	0	0	0	0		0	Afloramento e blocos de ultramáfica na estrada
ITF-59	548613	7662972	metaultramáfica	0	0	0	0		0	Blocos de ultramáfica embaixo do poste de luz.
ITF-60	548427	7662949	anfibolito	0	0	0	0		2	Bloco de anfibolito cortado por dique de rocha de granulação grossa de composição gabroica
ITF-61	548220	7662656	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		1	Contato do metagranitóide com magnetita e anfibolito
ITF-62	550349	7664634	anfibolito	0	0	0	0		1	Blocos de anfibolito fino com granada na estrada
ITF-63	549867	7663858	metagranitóide	320	86	50	54	eixo de dobra	2	Nascente no início da floresta ao lado da fazenda. Granito com IC 10 com pirlita, formando dobras intrafoliaais.
ITF-64	550664	7664223	Ortognaisse Cassiterita	355	66	0	0		0	Ortognaisse com IC 25 formado por biotitas anastomosadas na fazenda do Seu Antônio.
ITF-65	550544	7664414	Ortognaisse Cassiterita	0	0	0	0		0	Ortognaisse Cassiterita ao lado do Rio das Mortes pequeno
ITF-66	550543	7664362	Ortognaisse Cassiterita	355	78	0	0		0	Ortognaisse Cassiterita de granulação grossa.
ITF-67	550377	7664362	Ortognaisse Cassiterita/ Anfibolito	338	80	0	0		0	Contato de saprólito na estrada do ortognaisse Cassiterita com anfibolito
ITF-68	550226	7664993	anfibolito	0	0	0	0		0	Voçoroca de saprólito de rocha máfica.
ITF-69	549021	7664139	anfibolito	0	0	0	0		1	Blocos de anfibolito bordeando a estrada, com sulfetos e granada
ITF-70	549417	7663939	anfibolito	0	0	0	0		0	Colúvio de blocos de anfibolito na mesma estrada que aflora a rocha ultramáfica com pegmatitos
ITF-71	548465	7664486	anfibolito	0	0	0	0		0	Afloramento e blocos de ultramáfica na estrada. Contato de ultramáfica e anfibolito.
ITF-72	548526	7664187	anfibolito	0	0	0	0		1	Colúvio de blocos de anfibolito no fim da estrada entrada da fazenda.
ITF-73	550239	7665441	anfibolito	0	0	0	0		1	Bloco de anfibolito com 12% de granada.
ITF-74	550448	7665488	anfibolito	0	0	0	0		1	Afloramento de rocha metamáfica saprolitizada na estrada para Cassiterita.
ITF-75	546975	7665007	anfibolito	0	0	0	0		1	Blocos na cicatriz de escorregamento de anfibolito com 10% de granada de até 0,5 cm + bloco de quartzo
ITF-76	546619	7665446	ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Blocos na estrada de metagranitóide com <1% de magnetita, com IC 10, biotita (10%), quartzo (40%) e feldspato (50%). Também encontrado bloco de um granitóide com quartzo (30%), feldspato (63%), magnetita (3%) e biotita (4%).
ITF-77	546512	7665575	ortognaisse Morro do Resende	350	78	0	0		1	Afloramento de saprólito de rocha quartzosa IC 8 (biotita + magnetita)
ITF-78	546317	7665147	anfibolito	215	88	0	0		0	Afloramento de anfibolito cortado por pegmatitos em um garimpo abandonado. O pegmatito tem orientação 230/68 (dip-dip)
ITF-79	546116	7664963	anfibolito	0	0	0	0		0	Saprólito de anfibolito cortado por pegmatitos de orientação 10/68 (dip-dip) + blocos frescos de anfibolito ao lado
ITF-80	545789	7664993	anfibolito	0	0	0	0		0	Bloco de rocha metamáfica alterada ao lado da estrada principal
ITF-81	545648	7664914	anfibolito	0	0	0	0		0	Afloramento na estrada de metamáfica muito intemperizada.
ITF-82	545517	7664964	anfibolito/ ortognaisse Morro do Resende	0	0	0	0		0	Voçoroca ao lado da estrada. Contato entre o anfibolito e metagranitóide.
ITF-83	545428	7665197	anfibolito	0	0	0	0		0	Afloramento de saprólito de anfibolito injetado por pegmatito.
ITF-84	545131	7665316	ortognaisse Morro do Resende	0		0	0		0	Saprólito na lateral da estrada de granitóide, com 55% de quartzo.

ANEXO IV  
CROQUI PONTO ITF-01

Mapeamento geológico e petrografia  
das rochas à oeste de Conceição da Barra de Minas,  
Estado de Minas Gerais

Monografia de Graduação  
FABIANA FRANCO DE VASCONCELOS



Legenda:

- Veios de quartzo
- 
- Pegmatito

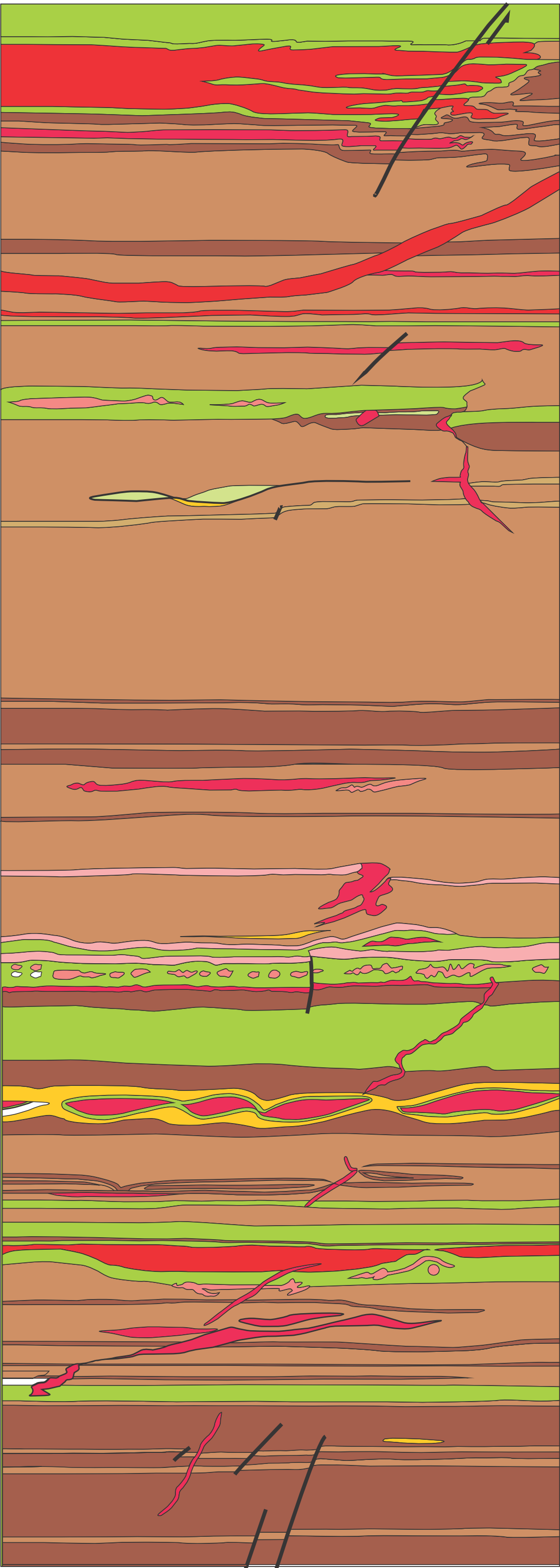
Monzogranito hololeucocrático Resende

Diorito com maior IC

Diorito com menor IC

Granitóide

Anfibolito



2,5 m



ANEXO V  
CROQUI PONTO ITF-02

Mapeamento geológico e petrografia das rochas à oeste de Conceição da Barra de Minas,  
Estado de Minas Gerais

Monografia de Graduação  
FABIANA FRANCO DE VASCONCELOS

